

**Objektive Sehschärfenbestimmungen
am Gerät nach OHM-v. ROMBERG
Untersuchungen an 230 Patienten**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Ulrich Weber

1977

'979

Aus der Augenklinik der Universität Düsseldorf

(Direktor: Professor Dr. H. Pau)

Objektive Sehschärfenbestimmungen

am Gerät nach OHM-v.ROMBERG

Untersuchungen an 230 Patienten



Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Ulrich Weber

1977



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Hopf

Referent

gez.: Prof. Dr. Pau

Korreferent

gez.: Prof. Dr. Scheibner

Einleitung	1
1. Kapitel	2
2. Kapitel	3
3. Kapitel	4
4. Kapitel	5
5. Kapitel	6
6. Kapitel	7
7. Kapitel	8
8. Kapitel	9
9. Kapitel	10
10. Kapitel	11
11. Kapitel	12
12. Kapitel	13
13. Kapitel	14
14. Kapitel	15
15. Kapitel	16
16. Kapitel	17
17. Kapitel	18
18. Kapitel	19
19. Kapitel	20
20. Kapitel	21
21. Kapitel	22
22. Kapitel	23
23. Kapitel	24
24. Kapitel	25
25. Kapitel	26
26. Kapitel	27
27. Kapitel	28
28. Kapitel	29
29. Kapitel	30
30. Kapitel	31
31. Kapitel	32
32. Kapitel	33
33. Kapitel	34
34. Kapitel	35
35. Kapitel	36
36. Kapitel	37
37. Kapitel	38
38. Kapitel	39
39. Kapitel	40
40. Kapitel	41
41. Kapitel	42
42. Kapitel	43
43. Kapitel	44
44. Kapitel	45
45. Kapitel	46
46. Kapitel	47
47. Kapitel	48
48. Kapitel	49
49. Kapitel	50
50. Kapitel	51
51. Kapitel	52
52. Kapitel	53
53. Kapitel	54
54. Kapitel	55
55. Kapitel	56
56. Kapitel	57
57. Kapitel	58
58. Kapitel	59
59. Kapitel	60
60. Kapitel	61
61. Kapitel	62
62. Kapitel	63
63. Kapitel	64
64. Kapitel	65
65. Kapitel	66
66. Kapitel	67
67. Kapitel	68
68. Kapitel	69
69. Kapitel	70
70. Kapitel	71
71. Kapitel	72
72. Kapitel	73
73. Kapitel	74
74. Kapitel	75
75. Kapitel	76
76. Kapitel	77
77. Kapitel	78
78. Kapitel	79
79. Kapitel	80
80. Kapitel	81
81. Kapitel	82
82. Kapitel	83
83. Kapitel	84
84. Kapitel	85
85. Kapitel	86
86. Kapitel	87
87. Kapitel	88
88. Kapitel	89
89. Kapitel	90
90. Kapitel	91
91. Kapitel	92
92. Kapitel	93
93. Kapitel	94
94. Kapitel	95
95. Kapitel	96
96. Kapitel	97
97. Kapitel	98
98. Kapitel	99
99. Kapitel	100
100. Kapitel	101

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Einleitung	1
Sehschärfe	2
Bewegungssehschärfe	6
Subjektive Sehschärfenprüfung	7
Simulationsprüfungen	9
Optisch-vestibuläres System	12
NYSTAGMUS	18
1. Einteilung	18
2. Optokinetischer Nystagmus	20
3. Vestibulärer Nystagmus	38
4. Sonderformen	38
5. Kongenitaler Nystagmus	39
6. Elektronystagmographie	40
OBJEKTIVE SEHSCHARFENBESTIMMUNG AUF DER GRUNDLAGE DES OPTOKINETISCHEN NYSTAGMUS	43
1. Methode nach OHM-v.ROMBERG	43
2. Methode nach GOLDMANN	47
3. Methode nach GUNTHER	49
4. weitere Modifikationen	52
5. Aufmerksamkeit	55
VERSUCHSANORDNUNG	59
UNTERSUCHUNGSGANG	61
1. Subjektive Sehschärfenprüfung	61
2. Untersuchung am OHM-v.ROMBERG'schen Gerät	63
3. Untersuchte Patienten	64
ERGEBNISSE	70
1. Nystagmus	70
2. Umfeldhelligkeiten	71
3. Reizfeldgeschwindigkeiten	73
4. Tabellen und graphische Darstellungen	73
5. Beachtenswertes	121
6. Standardabweichungen	124
7. Amblyope Patienten	126
ERWEITERUNG DER METHODE NACH OHM-v.ROMBERG DURCH ELEKTRONYSTAGMOGRAPHIE	136
NEUE SEHSCHÄRFENBESTIMMUNG	139
Zusammenfassung	140
Literatur	143

EINLEITUNG

Die Sehschärfe ist eine der Elementarfunktionen des Auges; dementsprechend ist ihre Bestimmung für die Augenheilkunde von grundlegender Bedeutung.

Die Messung der Sehschärfe ist mit subjektiven und objektiven Methoden möglich, ist also von der aktiven Mitarbeit des Patienten bei der Untersuchung abhängig oder unabhängig.

OHMs Methode der quantitativen objektiven Sehschärfebestimmung basiert auf der Hemmung eines künstlich induzierten optokinetischen Nystagmus; v.ROMBERG verbesserte später OHMs Untersuchungsapparat.

Der optokinetische Nystagmus war schon PURKINJE bekannt, BARANY induzierte ihn später künstlich mit einer "Nystagmustrommel" und begann damit die Suche nach objektiven Tests von Sehfunktionen mittels des optokinetischen Nystagmus. BARANY untersuchte zunächst die Hemianopsie; andere Autoren beschrieben die Bedeutung von Gesichtsfelddefekten und Zerebralläsionen für den optokinetischen Nystagmus.

Subjektive Sehschärfeprüfungen stehen in der klinischen Praxis im Vordergrund, objektive Sehschärfebestimmungen sind Sonderfällen (Gutachten, Simulationsprüfungen) vorbehalten.

SEHSCHÄRFE

Das Sehvermögen umfaßt alle Funktionen des Auges wie z.B. Sehschärfe, Gesichtsfeld, Adaptations- und Farbsehvermögen.

Die Sehleistung (Visus naturalis, Visus sine correctione) ist die "Sehschärfe" ohne Brillenkorrektur.

Die eigentliche Sehschärfe (Visus cum correctione) wird mit optimaler Brillenkorrektur gemessen.

Der Begriff der Sehschärfe umfaßt verschiedene, nicht exakt voneinander trennbare Seheigenschaften:

1. Trennschärfe (Minimum separabile)

Das Minimum separabile ist ein Maß für die Fähigkeit des Auges, zwei eng beieinanderliegende Punkte getrennt wahrzunehmen; seine Einheit ist die Bogenminute (1'). - Die beiden Punkte können nur dann einzeln wahrgenommen werden, wenn auf der Netzhaut zwischen zwei gereizten Zapfen mindestens ein ungereizter liegt. Bei Brechungsanomalien des Auges kann den Gegenstandspunkten kein Bildpunkt zugeordnet werden, es entsteht ein Bildfleck, der entsprechend mehr Zapfen erregt und so die Punktsehschärfe herabsetzt. Das Minimum separabile entspricht einer Zapfenbreite (1,5 - 3 μ m; SACHSENWEGER, 81).

2. Noniussehschärfe (engl.: vernier acuity)

Die Noniussehschärfe gibt an, bis zu welchem minimalen Abstand zwei parallelverschobene Geraden als parallelverschoben erkannt werden. Entscheidend ist, daß die Geraden auf zwei verschiedenen Zapfenreihen abgebildet werden. - Die Noniussehschärfe ist 3 - 10mal größer als das Minimum separabile; es werden mehr Zapfen in den Sehvorgang einbezogen.

3. Detailerkennbarkeit (Minimum cognobile)

Das Minimum cognobile ist ein Maß für die Erkennbarkeit kleiner Formzeichen, es wird mit bildhaften Optotypen geprüft.

4. Lesezeichengröße (Minimum legibile)

Das Minimum legibile beschreibt die Fähigkeit, kleine Schrift zu lesen, spielt also nur bei Sehschärfenprüfungen in Lesenähe (Nahsehschärfe) eine Rolle.

5. Form- und Kontrastempfindlichkeit (Minimum visibile)

Das Minimum visibile kennzeichnet das Unterscheidungsvermögen des Auges für Helligkeiten, wird also bestimmt durch diejenige Lichtenergie, die gerade noch ausreicht, um vom Auge wahrgenommen zu werden. - Wenn die Helligkeit eines Objektes genügend groß, d.h. größer als die Schwellenenergie zur Erregung eines Zapfens, ist, kann der Gesichtswinkel kleiner als 1' werden - das erklärt z.B. die Sichtbarkeit von Fixsternen (Sehwinkel = 0, da die Lichtstrahlen praktisch parallel einfallen).

6. Stereoskopische Tiefensehschärfe

Die stereoskopische Tiefensehschärfe stimmt zahlenmäßig mit der Noniussehschärfe überein und bezeichnet den kleinsten, beim beidäugigen Sehen erkennbaren Tiefenunterschied.

Die Sehschärfe wird von physikalischen und physiologischen Faktoren beeinflusst:

1. Beleuchtung

Bei zunehmender Leuchtdichte wird bis ca. 100 Lux die Qualität der Sehschärfe besser, bleibt dann bis ca. 10 000 Lux konstant und wird darüber durch Blendung wieder schlechter (SACHSENWEGER, 81). -

AULHORN (3) deckte einen quantitativen Zusammenhang zwischen Lichtwahrnehmung (Lichtunterschiedsempfindlichkeit) und Formerkennen (Sehschärfe) auf:

- Die Schwellenleuchtdichten für wahrnehmen und Erkennen liegen umso höher, je kleiner das Prüfzeichen ist.
- Diese Schwellenerhöhung ist für Wahrnehmungskurven kleiner als für Erkennungskurven (Zunahme des Leuchtdichteintervalles zwischen den Kurven).

2. Kontrast der Sehzeichen (Zeichenschärfe)

Mit steigendem Kontrast verbessert sich die Sehschärfe. Bei niedrigem Kontrast "(zwischen 5 und 50% Unterschied zwischen Sehzeichen und unmittelbarer Umgebung) ist der Einfluß des Kontrastes hoch, bei höheren Kontrasten (über 80%) gering." (v.BENDA, 6).

BURKHARD (11) untersuchte die Sehschärfe erkrankter Augen bei veränderten Kontrasten und Umfeldleuchtdichten (100 und 1 asb): Bei den als Sehzeichen verwendeten LANDOLT-Ringen reagierten alle Augen auf Kontrast- oder Umfeldleuchtdichteverringerungen mit Herabsetzung der Sehschärfe. "Bei amblyopen Augen war diese gegenüber gesunden Augen auffallend geringer." Andererseits wurde die Sehschärferherabsetzung von Augen in Miosis (Glaukomtherapie) und mit Linsentrübungen erheblich übertroffen.

3. Umfeldleuchtdichte

Optimal ist eine gegenüber dem Testfeld gleiche oder etwas geringere Leuchtdichte; ungeeignete Umfeldleuchtdichten verringern die Sehschärfe.

4. Lichtfarbe

Die spektrale Beleuchtungszusammensetzung hat infolge der chromatischen Aberration der Linse folgenden Einfluß: Monochromatisches Natriumdampflicht erhöht die Trennschärfe um 13%, Quecksilberdampflicht um 21% gegenüber normalem Mischlicht (SIEBECK, 91).

5. Beobachtungsabstand

MONJÉ und ALBERT (64) fanden bei Verwendung von "sorgfältig hergestellten Prüfzeichen" (LANDOLT-Ringe) und einer konstanten Beleuchtung von 2300 Lux keine Abhängigkeit der Sehschärfe von der Prüferentfernung.

Die eigentliche Abstandsabhängigkeit der Sehschärfe beschreibt, daß gerade noch erkennbare Optotypen bei z.B. halbiertem Abstand nicht ebenfalls gerade halb so groß sind. (v.BENDA, 6)

6. Erkennungskriterien

Als "erkannt" kann man z.B. das richtige Angeben von 50, 75 oder 100% der dargebotenen Optotypen bezeichnen;

7. Weitere "physikalische" Kriterien

Abstufung der Visuswerte (s.S. 7), Darbietungszeit (s.S. 8), Bewegung von Testzeichen oder Auge (s.S. 6), Durchsichtigkeit der brechenden Medien.

8. Adaptation

Die lokalen Adaptationsbedingungen hängen von der Leuchtdichtevertelung in der Sehprobe und deren Umgebung ab, für die zeitliche Adaptation ist nur interessant, ob sich der Untersuchte kurz vor der Sehschärfenbestimmung in grellem (Sonnen-) Licht befunden hat (v.BENDA, 6). - Die höchste Sehschärfe wird bei Helladaptation erreicht: Zapfensehen.

9. Netzhautbau

Je peripherer ein Gegenstand auf der Netzhaut abgebildet wird, desto geringer wird die Sehschärfe, bedingt durch den größeren gegenseitigen Abstand der Rezeptoren sowie durch Konvergenz (s.u.). Die Sehschärfe sinkt außerhalb der Fovea centralis außerordentlich stark ab (Visus 0,5 bei $2,5^{\circ}$, Visus 0,1 bei 20°). - Stäbchensehen ist um den Faktor 10 kleiner als foveales Zapfensehen. "Total Farbblinde, deren Zapfenapparat ausgefallen ist, können somit nur eine Sehschärfe von etwa 1/10 erreichen." SACHSENWEGER, 81.

10. Akkommodationsvermögen

11. Lebensalter

Auch ohne sehschärfenherabsetzende Krankheiten nimmt die Sehschärfe mit höherem Lebensalter ab, bedingt durch Eintrübung von Hornhaut, Linse und Glaskörper.

12. Mon- und binoculares Sehen

Binoculare Sehschärfe ist etwas besser als monoculare.

Erklärung (SIEBECK, 91): Verkleinerung der unwillkürlichen Fixationsbewegungen der Augen beim Binocularsehen, binoculare Kompensation kleiner Abbildungsfehler des Einzel- und wegfall des störenden "Eigenlichtes" der Netzhaut im abgedeckten Auge.

13. Psychologische Faktoren

Die wichtigsten psychologischen Faktoren, nämlich Aufmerksamkeit bzw. Anstrengung und Ermüdung, werden im Zusammenhang mit der objektiven Sehschärfenbestimmung beschrieben, s.S. 55.

BEWEGUNGSSEHSCHÄRFE

Nach TRENDELENBURG (96) ist die Bewegungsschärfe in der Peripherie größer als die Punktsehschärfe, in der Fovea centralis ist der Unterschied geringer.

KÖRNER (37) stellt fest, daß die Größe der rezeptiven Felder für Bewegungssehen, die "vom Netzhautzentrum zur Peripherie hin erheblich zunimmt", ohne Einfluß ist auf die "Geschwindigkeitsinformation eines Bewegungsreizes."

Retinale Bildwanderung und "Efferenzrückmeldung bei Augenfolgebewegungen" (KÖRNER und DICHGANS, 38), die "zentral zu einer Geschwindigkeitswahrnehmung verrechnet werden", sind Bedingungen des Bewegungssehens. - So bewirkt die Verlangsamung der langsamen Nystagmusphase gegenüber der Reizmuster-geschwindigkeit bei optokinetischer Reizung eine größere Geschwindigkeit der retinalen Bildwanderung und damit eine subjektiv empfundene größere Geschwindigkeit.

JAEGER und HONEGGER (32) untersuchten die Bewegungsschärfe an Objekten, die "sich auf einer Ebene senkrecht zur Sehlinie kreisförmig bewegten. Dabei sinkt die Sehschärfe mit steigender Geschwindigkeit kontinuierlich ab." Sie fanden gegenüber Normalpersonen bessere Bewegungsschärfe bei 1. nichtkorrigierten Refraktionsanomalien, 2. Zentralskotomen, 3. isolierten Augenmuskelparesen; schlechtere Bewegungsschärfe fand sich bei 1. Ring-skotomen, 2. konzentrischen Gesichtsfeldausfällen, 3. Hemianopsien (mit senkrechter Begrenzungslinie zwischen ausgefallenem und erhaltenem Gesichtsfeld), 4. Koordinationsstörungen der Augenmuskeln.

Aphakien entsprechen im Hinblick auf die Bewegungsehschärfe Normalaugen. - Bei kongenitalem Nystagmus ist die Bewegungsehschärfe absolut besser; dieser Befund wird folgendermaßen erklärt (JAEGER und HONEGGER, 32): Nystagmuspatienten müssen auch am ruhenden Objekt schnell über die Netzhaut wandernde Bilder erkennen, bei beweglichen Bildern "bringt das wahrscheinlich im Verhältnis keine so großen zusätzlichen Erschwernisse mit sich wie beim Normalbeobachter."

SUBJEKTIVE SEHSCHÄRFENPRÜFUNG

Bedingt durch die verschiedenen Definitionen des Begriffes "Sehschärfe" sind die Ergebnisse der einzelnen Sehschärfenbestimmungsmethoden unterschiedlich, je nachdem auf welcher Grundlage die Methode aufgebaut ist.

Die international genormte Standardoptotype ist der LANDOLT-Ring. Er ist als Primärnormal nach der gültigen DIN-Vorschrift folgendermaßen festgelegt: Der Ring erscheint schwarz auf weißem Grund, hat einen quadratischen Schlitz, der aus der vorgeschriebenen Entfernung von 6 m unter einem Sehwinkel von 1' erscheint; sein Außendurchmesser hat die fünffache Schlitzbreite. Strichstärke und Schlitzbreite betragen 1,5 mm, der Außendurchmesser also 7,5 mm. (SCHÖBER, 88). - Weitere Optotypen sind PFLÜGER- und SNELLEN-haken, Buchstaben- und Ziffernsehzeichen, Figurensehzeichen, Kinderbilder und zur Prüfung des Nahvisus auch Lesetafeln.

Die Größenabstufung der Optotypen kann linear sein; man kann hierbei zwischen Visus 1,0 und 0,5 viele Zwischenstufen einordnen. - Sie kann logarithmisch sein; eine Visussteigerung von 0,1 auf 0,2 entspricht 100%, eine Steigerung von 0,9 auf 1,0 nur 10%, d.h. diese Größenabstufung ist physiologischer.

Die Sehschärfe ist eine Funktion des Sehwinkels, unter dem zwei eben noch getrennt wahrnehmbare Punkte erscheinen.

Wird z.B. der Schlitz im LANDOLT-Ring unter einem Sehwinkel von 1' gesehen, so hat der Patient den Visus 1. Der Visus (Verhältnis von Darbietungs- (Ist-) Abstand für den primären LANDOLT-Ring zu Sollabstand für den gerade noch erkannten Ringschlitz) von 1 bedeutet nicht, daß dieser Wert auch dem physiologischen Normalwert entspricht (SCHÖBER, 88). Normalerweise können von jungen Leuten auch Visuswerte von über 2,0 erreicht werden.

Bei der subjektiven Sehschärfeprüfung sollte beachtet werden:

1. Faktoren,

die die Sehschärfe beeinflussen (s.S. 3).

2. Die Form der Sehzeichen

Je komplizierter die Optotype ist, desto mehr wird der Formensinn mitgeprüft; bei der Teilwahrnehmung eines Sehzeichens wird der Rest u.U. ergänzt. - Optotypenwertigkeit bedeutet, daß sich einige Sehzeichen leichter voneinander unterscheiden lassen als andere (1, 4, 7 - 3, 6, 8, 9).

3. Darbietungszeit

Große Sehzeichen werden schneller erkannt als kleine. Je weiter in der Peripherie geprüft wird, desto größer wird der Einfluß der Darbietungszeit, denn bei Beginn des Reizes wird sofort eine Gegenregulation ausgelöst (MONJE, bei ANTONIADIS, 1), die die Reizschwelle erhöht; es kommt zur Lokaladaptation. - Die Darbietungszeit ist normalerweise nicht begrenzt.

4. Wiederholte Messungen

HORNE und HINES (30) stellten nach Wiederholungsmessungen des Fernvisus (mit einem Sehschärfe-meßgerät der amerikanischen Armee) Sehschärfeverbesserungen fest, die mit Ausschaltung der Fernakkommodation erklärt werden. - Man sollte auch Lerneffekte bedenken.

5. Sehwinkel

Verdoppelt man einen Sehwinkel, der bei beliebiger Dar-

bietungszeit als Grundschwelle festgelegt ist, so ergibt sich für den verdoppelten Sehwinkel eine Darbietungszeit, bei der das Auge auf die geringste Lichtintensität anspricht. Diese Zeit heißt in Analogie zur Chronaxie nach MONJÉ Chronopsie.

Bei der Untersuchung des Fernvisus müßte sich der Patient praktisch in unendlichem Abstand von den Optotypen befinden (SCHÖBER, 88). - Die Einstellgenauigkeit des menschlichen Auges liegt bei ca. 0,25 dpt., d.h. alle Abstände, die größer als 5 m sind (entsprechend 0,20 dpt.), können als unendlich angesehen werden. Man kann also in Abständen von 5 - 6 m untersuchen; abstandsbedingte Akkommodationsänderungen fallen damit aus. - Bei binocularer Prüfung wird allerdings oft ein Konvergenzimpuls ausgelöst, der infolge der Kopplung von Akkommodation und Konvergenz einen Akkommodationsimpuls zur Folge hat; nach SCHÖBER ist dies für die Nichtübereinstimmung von mon- und binocularer Sehschärfe verantwortlich.

Optotypen können in Form von Auflichttafeln, durchleuchteten Prüfkästen oder mit Projektoren dargeboten werden.

Die Prüfung der Sehschärfe erfolgt zunächst monocular (rechtes, dann linkes Auge), danach binocular. - Die Prüfabstände können durch Spiegelsysteme verkleinert werden.

SIMULATIONSPRÜFUNGEN

Simulationsverdacht besteht immer dann, wenn objektive Befunde und subjektive Angaben über das Sehvermögen nicht übereinstimmen.

Häufiger als Simulation ist Aggravation; einseitige Simulation bzw. Aggravation ist wiederum häufiger als doppelseitige.

Grundlage der meisten Simulations- und Aggravationsproben ist die Unwissenheit des Patienten, mit welchem Auge er welches Bild sieht. Um einseitiges kurzes Augenschließen zu verhindern, wurden Lidhalter entwickelt (BAKKER; PRIESTER und HULL; BRACKUP, 9); der Patient müßte sonst ständig beobachtet werden. - Sollten die Augen des Patienten nicht die gleiche Sehschärfe haben, wird die des besseren Auges durch Linsen auf das Niveau des schlechteren herabgesetzt. - Bei Simulationsproben sollte nicht nur nach Motiven gesucht werden, dem Patienten müssen auch Rehabilitationsmöglichkeiten offengelassen werden. - wichtiger als die Überführung von Simulanten sollte die Rehabilitation simulationsverdächtiger Patienten sein.

Es gibt fließende Übergänge von der Simulation zur hysterischen Blindheit (LINCOFF und ENNIS, 47); hier sind alle Handlungen unbewußt, es gibt keine Motive - dem Patienten kann also keine Täuschungsabsicht unterstellt werden.

Einseitige Schwachsichtigkeit und Blindheit kann mit folgenden Methoden überprüft werden:

1. Sehschärfenbestimmungen

- a. auf der Grundlage des optokinetischen Nystagmus (s.u.);
- b. in unterschiedlichen Entfernungen, mit verschiedenen Sehproben und mit ausgeschnittenen einzelnen Sehzeichen. Über die Größe der Sehzeichen kann der Patient mit Hilfe von Spiegelsystemen bzw. bestimmten Sehprobentafeln getäuscht werden (ZADE, HELMBOLD; PRINCE, 75).

2. Haploskopische Verfahren

beruhen auf der Fusion: Beide Augen betrachten seitenunterschiedliche Bilder im Haploskop; die Bilder werden so intensiv fusioniert, daß der Patient nicht erkennt, mit welchem Auge er welches Bild sieht. Verfahren nach KOTH; HAAB setzt - vom Patienten unbemerkt - Linsen vor das Stereoskop, um das gesunde Auge auf den Visus des schlechteren herabzusetzen.

Ähnliche Simulationsproben können mit dem Synoptophor, Troposkop (SINGER) oder Turville- Test (KAHNEMANN und RATHSCHULER) durchgeführt werden.

3. GRATAMA-Röhre

Beide Augen blicken sowohl in gekreuzter wie in ungekreuzter Richtung; dadurch kann der Patient nicht unterscheiden, welches Auge wohin sieht.

4. Komplementär gefärbte Gläser

wurden erstmals von SNELLEN benutzt: Farbgläser extinguieren bestimmte Optotypen oder Teile davon (z.B. auf v.HASELBERG'schen Tafeln).

5. Monoculare Diplopie

wird durch Prismen erzeugt; erstmals von A.v.GRAEFE angewandt. Ein mit vertikal gestellter Basis vor die Pupillennitte (!) des gesunden Auges gehaltenes Prisma erzeugt monoculare Doppelbilder; Nichtzugeben durch den Patienten legt Simulationsverdacht nahe. - Dabei wird das schwachsichtige Auge zunächst abgedeckt, dann freigegeben und das Prisma nach unten verschoben, so daß binoculare Doppelbilder gesehen werden, wenn das schwachsichtige Auge sehtüchtig war.

6. Annäherungsprobe (FALTA)

beruht auf der Konvergenzreaktion: Bei sich näherndem Finger konvergieren beide Augen; ein blindes Auge weicht bald temporal ab und zwar umso eher, je sehschwächer es ist. Die Annäherungsprobe ist bei Strabismus natürlich nicht zu verwenden.

7. Linsen

Die Sehschärfe des angeblich schwachsichtigen Auges wird durch Konvexlinsen zunächst herabgesetzt, dann durch Konkavlinen wieder verbessert bis zum Ausgleich; manchmal wird dann eine bessere Sehschärfe angegeben.

8. weitere Verfahren

verwenden z.B. das Phänomen der einseitigen Dominanz, die direkte konsensuelle Lichtreaktion oder einfach Abwehrbewegungen und Blinzelreflex.

Beidseitige Schwachsichtigkeit und Blindheit wird nur sehr selten vorgetäuscht, da dies auf die Dauer sehr schwer ist. Ihre Überprüfung setzt die Kenntnis des normalen Verhaltens von Blinden voraus.

Alle Simulations- und Aggravationsproben müssen dem Untersuchten im Grunde genommen unbekannt sein; kennt er sie, ist eine Überführung kaum möglich. - Darüberhinaus ergeben die genannten Methoden nur qualitative Resultate; quantitative Aussagen über das Sehvermögen liefern dagegen die objektiven Sehschärfenprüfungen auf der Grundlage des optokinetischen Nystagmus. Mit ihnen kann man Simulanten in den meisten Fällen überführen; sie beruhen nicht auf Tricks und Täuschungsmanövern, sondern auf komplizierten okulomotorischen und zentralnervösen Mechanismen. Die objektiven Sehschärfenbestimmungen ermöglichen einerseits dem eingearbeiteten Untersucher, recht genaue Visuswerte zu ermitteln, andererseits wird der Patient praktisch nicht nachteilig bewertet:

Nur in Ausnahmefällen ergeben sich bei den Methoden der objektiven Sehschärfenbestimmung auf der Grundlage des optokinetischen Nystagmus bessere Werte, als tatsächlich vorhanden sind (SACHSENWEGER, 84).

OPTISCH-VESTIBULÄRES SYSTEM

Auge und Labyrinth, die wichtigsten exterozeptiven bzw. propriozeptiven Sinnesorgane des Menschen bilden mit ihren zentralen Substraten eine funktionelle Einheit, das optisch-vestibuläre System.

Die Aufgabe des optisch-vestibulären Systems besteht in räumlicher Orientierung und Kontrolle der Körperhaltung.

Eine Beeinflussung dieses Systems ist z.B. in der optischen Zirkularvektion, die von optokinetischen Reizen ausgelöst wird, zu sehen (S.121).

"Bezieht man die Optosensorik in diese Betrachtungen mit ein, so ergibt sich ein ungeheuer kompliziertes System funktionell miteinander verknüpfter Rezeptoren, ihrer Hilfsapparate und neuronalen Integrations-, Steuer- und Kontrollmechanismen." Es ist eine "Unmöglichkeit, einzelne Funktionen des optisch-vestibulären Systems wirklich isoliert zu betrachten, ..." (DODEN, 16).

1. SENSORISCHER ANTEIL: Die optische Wahrnehmungsbahn

besteht aus drei Abschnitten:

1. Erstes Neuron, retinaler Abschnitt

Es handelt sich um einen bestimmten Ganglienzelltyp, dessen Dendriten zu peripheren Rezeptoren umgebaut sind; sie produzieren "phototransducer potentials". Adäquater Reiz ist Licht. Die Lage ist extrakraniell; die Länge beträgt nur Millimeterbruchteile.

In der Retinaperipherie konvergieren zahlreiche Rezeptoren eines Informationspools (Konvergenzprinzip), im Zentrum hat jeder Rezeptor mindestens eine eigene Nervenfasern (Divergenzprinzip). - Zum ersten Neuron gehören auch Horizontalverbindungen zwischen Rezeptor- und Ganglienzellen sowie "bipolare Vermittler zentrifugaler Impulse zu Ganglienzellen und Rezeptoren" (REMKY, 76). Aus diesen Verbindungen ergeben sich Funktionen wie Selektion, Integration, Analyse und Assoziation.

2. Zweites Neuron, retino-geniculärer Abschnitt

a. Retinaler Teil: Faserverlauf zur Papille.

b. Intraskleraler Teil: "Die im Bereich der Papille gebündelten Fasern verlassen den Augapfel durch die Siebplatte des 0,5 bis 1,0 mm langen Engpasses des

- Skleralkanal ..." (REMKY, 76). Myelinscheiden durchqueren den Skleralkanal nur ausnahmsweise peripherwärts.
- c. Orbitaler Teil: Die Faserbündel verlaufen S-förmig zum knöchernen Ausgangskanal der Orbita; sie sind von allen Hirnhäuten umgeben. Eintritt der Zentralarterie; Länge: 36 mm.
 - d. Intracanaliculärer Teil: 2. Engpaß, Lage im kleinen Keilbeinflügel.
 - e. Intracristernaler Teil: Die Länge hängt von der Lage des Chiasma opticum ab und beträgt 10 bis 23 mm.
 - f. Chiasmatischer Teil: Das Chiasma opticum bildet einen Teil der Vorderwand des 3. Ventrikels. "Im Chiasma werden die vom intraskleralen Anteil des zweiten Neurons an gebündelten Fasern für kurze Strecken wieder aufgefächert." (REMKY, 76) - Das Verhältnis von gekreuzten zu ungekreuzten Fasern beträgt 53 : 47.
 - g. Intrakraniell-extracerebraler Teil: Vom Chiasma opticum zu den Corpora geniculata lateralia; Faserdrehung.
 - h. Cerebraler Teil: Er bildet das letzte Drittel des Tractus. Im seitlichen Kniehöcker trennen sich homolaterale und kontralaterale Fasern und enden in verschiedenen Schichten.
3. Drittes Neuron, geniculo-corticaler Abschnitt
- a. Intracapsulärer Teil: Dorsaler Austritt der Nervenfasern der Ganglienzellen des Kniehöckers (unsymmetrisches Anhängsel des Pulvinar thalami), Bildung des Pedunculus opticus, der nach dorsolateral durch den retrolenticulären Anteil der Capsula interna verläuft.
 - b. Laminärer Teil: Nach Passage der Capsula interna Umnicken und Auffächerung der Nervenfasern. Die oberen ziehen zum Occipitalpol, die unteren zunächst zum Vorderhorn des Seitenventrikels und schwenken dann zum Occipitalpol.

- c. Paraventriculärer Teil: Nach der Auffächerung verlaufen die Fasern des 3. Neurons an der Wand des Seitenventrikels entlang - in ähnlicher Fasergruppierung wie im seitlichen Kniehöcker. Drei Schichten weißer Substanz liegen auf.
- d. Präcorticaler Teil: Medianes Abbiegen der Fasern am dorsalen Pol des Seitenventrikels zur Area striata. "Zusammenrollen" der Fasern, so daß eine ähnliche Konfiguration wie in der Netzhaut entsteht. Unmittelbar vor der Rinde fasert die Lamelle auf.
- e. Corticaler Teil: Endverzweigung in der inneren Körnerschicht der Occipitalrinde.

II. Im Zentralnervensystem

umfaßt das optisch-vestibuläre System Cervikalmark, Hirnstamm, Stammganglien, Klein- und Großhirn (KORNHUBER, bei DODEN, 17). - Im Hirnstamm, in der Gegend der unteren Zentren des extrapyramidalen Systems, liegt ein großer Zellkomplex, der sich vom Rautenhirn bis zum Zwischenhirn erstreckt und auch mit dem Cortex in Verbindung steht. Er bildet mit der zentralen Haubenbahn (Efferenz) die Substantia reticularis von Mittelhirn und Brücke. - Der Nucleus ruber nimmt Kleinhirnpulse auf; der Flocculus ist für die Körpermotorik, nicht für Augenbewegungen, wichtig; er ist mit dem Vestibularis verbunden. - Labyrinthreize erlaufen im Hirnstamm von Vestibulariskernen über das hintere Längsbündel und die Substantia reticularis zu den Augenmuskelnkernen.

III. MOTORIK: Die corticale Blickbewegungsbahn

Im Occipitalhirn bestimmen die Areae striata, parastriata und peristriata (BRODMANN 17, 18, 19) konjugierte Augenbewegungen. Cortikofugale Fasern verlaufen über subcorti-

cale Zentren in den vorderen Vierhügeln (occipitale Blickbewegungsbahn), Assoziationen zu den Augenmuskelnkernen bestehen. Kreuzung in der Vierhügelgegend, Kontrolle von 1. reflektorischen fixationsmechanismen, 2. Führungs- und Folgebewegungen, 3. optisch ausgelösten Einstellbewegungen und 4. optokinetischem Nystagmus.

Im Frontalhirn kommen optomotorische Impulse besonders aus den Areae alpha, beta und delta nach BRODMANN. Sie verlaufen in der Pyramidenbahn abwärts, durch das Crus anterius der Capsula interna, liegen im Pedunculus cerebri medial innerhalb des frontopontinen Traktes. Sie erreichen die Augenmuskeln anscheinend über das pontine Blickzentrum, z.T. über Vestibularisbündel und das hintere Längsbündel.

Bei den von beiden optomotorischen Rindenfeldern ausgehenden Fasern überwiegen die gekreuzten Fasern (frontale Blickbewegungsbahn); sie vermitteln die Steuerung von willkürlichen Augenbewegungen (genaue Impulsverteilung durch subcorticale und supranucleäre Zentren; von hier laufen Impulse über die Substantia reticularis und das hintere Längsbündel zu den Augenmuskelnkernen). - Seitliche Blickbewegungen werden durch das pontine Blickzentrum, vertikale werden durch ein Zentrum im Vierhügelbereich gesteuert.

Die Auffassung, willkürliche Augenbewegungen gingen von der Frontalrinde, optisch-reflektorische Bewegungen gingen von der Occipitalrinde aus, wird nicht mehr aufrechterhalten; um diese klare Trennung zu umgehen, unterscheidet MACKENSEN (56) funktionell ein saccadisches und ein Folgesystem für Blickbewegungen.

IV. Augenmuskeln

Sie werden innerviert von 1. N. oculomotorius, 2. N. trochlearis und 3. N. abducens. - Übergeordnet sind die

entsprechenden Kerngebiete; supranucleäre Blickzentren sind: Nucl. interstitialis (CAJAL), Nucl. commissurae post. (DARKSCHEWITSCH), Fasc. long. med. et post. (ist eine Assoziationsbahn zwischen Augenmuskelkernen, besteht hauptsächlich aus Neuriten aus Vestibulariskernen; Grundlage für konjugierte Augenbewegungen).

Die Augenmuskeln unterliegen verschiedenen Gesetzen:

- Beiderseits gleiche Innervation (HERING): Die Muskeln beider Augen, die zu gemeinsamer Tätigkeit benutzt werden, werden gleich stark innerviert.
- Reziproke Innervation (SHERRINGTON): Bei Aktion des Agonisten erschlafft der Antagonist.
- Binoculare Gemeinschaft: Beide Augen können nur gleichsinnig bewegt werden.
- Konstante Orientierung (DONDERS): Mit einer bestimmten Blickrichtung (gegebener Fixierpunkt bei bestimmter Kopfhaltung) ist immer die gleiche Augenstellung verbunden.
- LISTING'sches Gesetz: Augenbewegungen erfolgen immer um eine Achse, die auf der Ebene, die durch Ausgangs- und Endrichtung der Gesichtslinie gebildet wird, im Drehpunkt senkrecht steht (MACKENSEN, 56).

Zu den unwillkürlichen Augenbewegungen gehören:

1. Optokinetischer Nystagmus, 2. vestibulär und andere propriozeptiv gesteuerte Augenbewegungen, 3. Fusionsbewegungen und 4. "Blickunruhe" (Größenordnung: 5 - 30', DODEN, 16).

V. VESTIBULÄRER ANTEIL

1. Erstes Neuron

Aus den Sinneszellen der Maculae utriculi et sacculi sowie der Bogengangsampullen kommen die peripheren Fortsätze des Ganglion vestibulare und führen zentralwärts über das Ggl. vestibulare als N. vestibularis zu den drei Vestibulariskernen (SCHWALLE, BECHTEREW und DEITERS) am Boden der Rautengrube.

2. Zweites Neuron

"Gekreuzt oder ungekreuzt zieht ein Teil der Fasern zum hinteren Längsbündel und den Augenmuskelkernen (Nystagmus) ..." (BOENNINGHAUS, 7),

ein zweiter Teil zur Formatio reticularis und vegetativen Zentren,

der dritte Teil zieht zum Kleinhirn und zur Kleinhirnrinde, darüberhinaus (Nucl. dentatus) zum Nucl. ruber, von dort zum lateralen Thalamuskern und zur Körperfühlsphäre, der vierte Teil als vestibulospinale Bahn zu den Vorderhörnern des Rückenmarkes (Muskeltonus).

NYSTAGMUS

Unter Nystagmus (von gr. "nicke, schlafe"; Augenzittern) versteht man unwillkürliche, reflektorische und rhythmische Augenbewegungen in verschiedenen Formen und mit verschiedenen Ursachen. - Der Nystagmus ist ein Reflex; da er aber auch eine willkürliche Komponente hat (s.u.), wurde er von HOFFMANN (28) als psycho-optischer Reflex bezeichnet.

I. EINTEILUNG

1. Nach der Nystagmusentstehung (kausale Klassifikation)

Z.B. pathologischer labyrinthärer Nystagmus, physiologischer Nystagmus bei Körperdrehung, beim Fahren in der Eisenbahn (optokinetischer Nystagmus).

2. Nach Art und Form der Augenbewegungen (formale Einteilung)

a. Rucknystagmus kommt sowohl in horizontaler wie in vertikaler Schlagrichtung vor, besteht aus einer langsamen (Führungs- oder Folgebewegung) und einer schnellen Phase (Zurückzucken in bzw. über die Ausgangsstellung hinaus). Man benennt den Rucknystagmus nach der Schlagrichtung seiner schnellen Phase. - Auch Diagonalnystagmus ist möglich.

- b. Raddrehender Nystagmus (N. rotatorius). Die Augen drehen sich ruckartig mit einer langsamen und einer schnellen Phase um eine Achse, die ungefähr der optischen Achse bei Geradeausblick entspricht: Experimenteller N. rotatorius, z.T. kongenitaler N. rotatorius. - Neben einer rechts- und einer linksdrehenden (-schlägigen) Form kommt auch ein pendelförmiger raddrehender Nystagmus vor.
- c. Pendelnystagmus. Die Augen bewegen sich pendelförmig in der Horizontalebene (im Elektronystagmogramm entsteht eine sinusförmige Kurve); z.B. Bergarbeiternystagmus, z.T. beim kongenitalen Nystagmus.
- d. Sonderformen sind
- sattelförmige oder hüpfende Nystagmen (Spitzennystagmus). Die Augenbewegungen sind weder rein ruckartig noch rein pendelnd;
 - Schaukel- oder Waagebalkennystagmus (engl.: see-saw-nystagmus). Ein Auge bewegt sich nach oben, das andere gleichzeitig nach unten, dann erfolgt Bewegungsumkehr;
 - alternierender Nystagmus. Hier wechselt die Schlagrichtung periodisch in der Horizontalebene;
 - Pendel- oder Kippdeviationen bei geschlossenen Augen lassen sich nur im Elektronystagmogramm nachweisen;
 - "galvanische Hautreflexe" sind Artefakte im ENG.

Physiologische Nystagmen sind optokinetischer, vestibulärer oder Halsreflexnystagmus. Physiologisch ist auch der sog. Endstellungsnystagmus (Spontannystagmus bei Einnahme extremer Augenstellungen); er kommt bei ca. 60% der Bevölkerung vor. - Alle anderen Spontannystagmen sind pathologisch.

Individuelle Variationen eines recht einheitlichen Grundmusters sind häufig, mehr oder weniger deutliche Abweichungen entstehen durch optische oder vestibuläre Rezeptorstörungen, Störungen in den entsprechenden Kerngebieten, supranucleären Bereichen oder Rindenstörungen.

II. OPTOKINETISCHER NYSTAGMUS (OKN)

Der OKN ist eine Sonderform des Rucknystagmus. Er war schon PURKINJE und HELMHOLTZ bekannt (ENOKSSON, 19) und wurde als sog. Eisenbahnnystagmus beschrieben (Verfolgen von vorbeiziehenden Telegraphenmasten (Folgebewegung) und zurückspringen der Augen in die Ausgangsstellung (Ruckphase)).

1. Auslösung des optokinetischen Nystagmus

Im einfachsten Fall kann man den OKN mit einem "Nystagmus-lineal" induzieren, daneben aber auch durch z.B. eine "Nystagmustrommel": Auf einer Drehtrommel befindet sich ein Streifen- oder Schachbrettmuster, dem die Augen bei Trommeldrehung folgen, zurückrucken und wieder folgen. Der OKN läßt sich auch mit anderen Mitteln, z.B. einem auf einen Schirm projizierten Streifenmuster, auslösen.

Nach BARANYs "klassischer Theorie" (OHM, 72) sind drei Faktoren zur Auslösung des Nystagmus notwendig:

- Fixationsimpuls,
- Impuls zum Verfolgen eines sich bewegenden Objektes,
- Zurückrucken der Augen beim Erscheinen des nächsten zu fixierenden Gegenstandes.

Nach BARANY, BORRIES und CORDS hängt der OKN in erster Linie von der Fixation, also von der zentralen Sehschärfe, ab.

ARKIN (2) weist darauf hin, daß der OKN auch bei großem Zenträlskotom auslösbar ist, aber bei starker peripherer Gesichtsfeldeinengung auch bei guter zentraler Sehschärfe fehlt. OHM bestätigt das, stellt darüberhinaus fest, daß bei optokinetischer Reizung eines unbeweglichen Auges Nystagmus des zweiten, occludierten, beweglichen Auges ausgelöst wird (OHM, 69) und beschreibt 1922 erstmals den optokinetischen Nachnystagmus.

CORDS nennt wie OHM den OKN ein objektives Reagens auf die Erregbarkeit des Sehapparates; Grundlage dafür ist

seine Abhängigkeit von der zentralen und peripheren Sehschärfe. - Je besser die zentrale Sehschärfe, desto "lebhafter" ist der ausgelöste OKN, je schlechter sie ist, desto kleinschlägiger, langsamer und unregelmäßiger wird er. Völlige Auslöschung des Nystagmus erfolgt erst bei einem Visus unter $1/50$. - An der Auslösung des OKN nehme wahrscheinlich die ganze Peripherie teil.

Nystagmus kommt auch bei sehr kurzer optokinetischer Reizdauer zustande. Dieser "optokinetische kurzreiznystagmus" (s.S. 30) ist nach bei einer Reizzeit von nur 0,05 sec noch auslösbar (MACKENSEN, 53), es entstehen einige deutliche Nystagmuszuckungen. "Der Reiz trifft ein unbewegtes Auge. Erst nach Ablauf einer Latenzzeit tritt dann eine Ruckfolge als nachklingender Reizeffekt auf."

2. Phasen des optokinetischen Nystagmus

a. Langsame Phase (Folgebewegung)

Ein sich aus dem zentralen Teil des Gesichtsfeldes herausbewegender Gegenstand wird reflexartig verfolgt; nach KESTENBAUM (33) bleibt das Auge eine bestimmte Zeit lang an diesem Fixierpunkt haften, um dann wieder zurückzuspringen. - Die Auslenkung aus der geraden Blickrichtung (Auslenkungswinkel) bleibt bei Wiederholungen relativ konstant, so daß unter entsprechenden Umständen ein regelmäßiger Rucknystagmus entstehen kann.

Nach GRÜTNER (24) setzt die langsame Phase nach kurzer Latenz- (Reaktions-) Zeit ein, dauert dann $2/5$ sec; der OKN kann allerdings auch mit der schnellen Phase einsetzen, je nach Ausgangsstellung der Augen (Mittel- oder Seitstellung; TER BRAAK, 95).

Die Augengeschwindigkeit stimmt nicht genau mit der des Streifenmusters bei optokinetischer Reizung überein, die Differenz zwischen beiden heißt nach GRÜTNER (24) "relative Streifengeschwindigkeit". Sie entspricht der

Geschwindigkeit der retinalen Bildverschiebung, die den Nystagmus antreibt.

DODGE und TRAVIS beschreiben die Abhängigkeit der langsamen OKN-phase von der Schnelligkeit der Sehdinge; ist diese zu groß, dann bleiben die Augen zurück. - Die Augengeschwindigkeit kann nicht größer werden als die Geschwindigkeit der Sehdinge (TER BRAAK, 95): Es besteht ein Selbstregulationsmechanismus, der z.B. auch bewirkt, daß in einem mittleren Geschwindigkeitsbereich des Reizmusters der OKN regelmäßig ist; außerhalb dieses Bereiches wird er unregelmäßig. JUNG (bei DODEN, 17) nennt für klinische Untersuchungen eine Reizmustergeschwindigkeit von $60^{\circ}/\text{sec}$ optimal.

Die optokinetische Fusionsgrenze (=Reizmustergeschwindigkeit, bei der der OKN gerade nicht mehr (bei Geschwindigkeitserhöhung des Reizmusters) bzw. gerade wieder (bei Geschwindigkeitsverringerung) auftritt) liegt nach BLOMBERG (bei DODEN, 17) bei 14 hellen Streifen pro Sekunde, also unter der Flimmerfusionsgrenze von ca. 30 Lichtreizen pro Sekunde; s.S. 27.

Die langsame Nystagmusphase ist bedingt durch Retinazentrum und -peripherie (DODGE; ROELOFS, 79), normalerweise läuft sie unwillkürlich ab. KESTENBAUM (33) beschreibt den Zusammenhang zwischen langsamer Phase und Fixationsmechanismus.

Die langsame Phase des OKN geht nach MEYERS mit, nach GÜNTHER ohne Pause in die schnelle Phase über.

b. Schnelle Phase

Die schnelle Nystagmusphase dauert nur $1/12 - 1/10$ sec, also weniger als $1/4$ der langsamen Phase. KESTENBAUM (33) beschreibt sie als Richtungsbewegung zur Ruhelage; sie ist keine optisch ausgelöste Einstellbewegung (OHM und KESTENBAUM).

GÜNTHER (25) gibt als Mittelwert der Geschwindigkeit der

raschen Nystagmusphase $300^{\circ}/\text{sec}$ an. - Der Geschwindigkeitsablauf ist unabhängig von der Geschwindigkeit der langsamen Phase (und damit praktisch unabhängig von der des Reizmusters); ihre "Maximalgeschwindigkeiten entsprechen bei der gleichen Person bei gleicher Amplitude und Bewegungsrichtung den Maximalgeschwindigkeiten von Blickbewegungen ... Die Wegzeiten dabei sind sehr kurz (bei 5° und 10° 73 msec, bei 20° Blicksprung 99 msec, ...) und die Maximalgeschwindigkeiten schwanken zwischen $131^{\circ}/\text{sec}$ (für 5° Nystagmusamplitude) und $304^{\circ}/\text{sec}$ (für 20° Blicksprung)." (DODEN, 17; MACKENSEN und SCHUMACHER, 58).

Als "Schlagfeldverlagerung" bezeichnet man die Tatsache, daß während des Nystagmus eine Deviation der Augen in die Schlagrichtung der raschen Phase auftritt.

Blickbewegungen verlaufen mit zunehmender Geschwindigkeit aus der Ruhelage heraus, erreichen kurz vor der Bewegungsmitte die Maximalgeschwindigkeit und gehen dann mit abnehmender Geschwindigkeit in die neue Ruhelage über. Es ergeben sich Kurvenzüge, die einer halben Sinusschwingung ähneln, die Maximalgeschwindigkeit steigt mit der Größe der Deviation gesetzmäßig an. Der Geschwindigkeitsablauf ist nicht willkürlich zu beeinflussen, Seitendifferenzen sind individuelle Besonderheiten (MACKENSEN, 55).

3. Parameter des optokinetischen Nystagmus

a. Frequenz

Die Frequenz des Nystagmus ist definiert als Anzahl Augenschwünge bzw. -pendelbewegungen pro Sekunde, die Einheit ist Hertz (Hz).

Bei Dauerreizung (10 min) fanden MACKENSEN (53) und MACKENSEN und UBER (59) ein Absinken der Frequenz in den ersten 4 min, dann einen leichten Anstieg (MACKENSEN, 53).

Bei Steigerung der Reizmustergeschwindigkeit (MACKENSEN, 52) nimmt die Frequenz zunächst zu, wird dann aber wieder kleiner. In der graphischen Darstellung ergeben sich sehr unregelmäßige Kurvenzüge, da verschiedene Faktoren die Frequenz beeinflussen (Auswirkung des optokinetischen Reizes, Akkommodations- und Aufmerksamkeitsschwankungen, sowie individuelle Besonderheiten). Aufmerksamkeitsbedingte Schwankungen fand auch CORDS (13). OHM stellt fest, daß die Frequenz der Sehdinge und die Frequenz des OKN nicht in "Resonanz" stehen, der OKN die Eigenfrequenz des optokinetischen Systems annehme (vgl. S. 21f.).

b. Amplitude

Die Nystagmusamplitude ist bestimmt durch den Auslenkungswinkel der Augen aus der Ruhelage (Einheit: Winkelgrad), sie wird im Nystagmogramm in Millimetern gemessen, ist hier also ein relativer Wert (verschiedene Arten des Nystagmogramms, Gerätefehler ("OHMscher Rückschlag") usw.).

Die Amplitude hängt in erster Linie von der Größe des optokinetischen Reizfeldes ab; KESTENBAUM fand bei einem Gesichtsfeld von nur 10° einen zwar normalen, aber kleinschlägigeren Nystagmus; andererseits wird bei Vergrößerung der Reizfläche bei normalsichtigen Patienten eine größere Amplitude entstehen (CORDS). v.ROMBERG hat dies durch Einführung eines großen Rundhorizontes als Projektionsschirm in die objektive Sehschärfenbestimmung als methodische Verbesserung ausgenutzt.

MACKENSEN (53) sowie MACKENSEN und UBER (59) fanden bei Dauerreizung (10 min) einen kontinuierlichen Anstieg der Amplitude auf das 1,5fache ihres Ausgangswertes. - Bei Erhöhung der Reizmustergeschwindigkeit fand MACKENSEN (52) zunächst auch einen Anstieg der Nystagmusamplitude, dann allerdings ein Abfallen. Das Maximum der Amplitude fällt ungefähr zusammen mit der Geschwindigkeit der langsamen Phase.

KESTENBAUM stellte das Gesetz von der Vergrößerung der Amplitude auf:

Die Amplitude nimmt bei Blick in Richtung der schnellen Nystagmusphase zu, bei Blick in Richtung der langsamen Phase ab. - Bei verbesserter Fixation ist die Amplitude größer; sie hängt auch von der Aufmerksamkeit ab.

c. Zusammenhang zwischen Frequenz und Amplitude

Die Geschwindigkeit des Reizmusters (v) wächst proportional mit Frequenz (f) und Amplitude (a):

$$v = f \cdot a$$

OHM nennt das Produkt aus Frequenz und Amplitude "Energie", KESTENBAUM "Stärke des Nystagmus". MACKENSEN (51): "Frequenz und Amplitude gleichen einander aus."

Bei gleichbleibender Reizmustergeschwindigkeit geht also mit hoher Frequenz eine kleine Amplitude einher und umgekehrt. Abhängig auch von individuellen Eigenschaften der Person besteht also ein grobschlägiger niederfrequenter oder ein feinschlägiger hochfrequenter Nystagmus. - Selbstverständlich gibt es individuelle Schwankungen.

d. Der optokinetische Nystagmus ist abhängig von

- der Geschwindigkeit des den OKN induzierenden Reizmusters: Frequenz und Amplitude des OKN steigen bis zu einem gewissen Grade, nehmen dann ab, um sich einer Verschmelzungsgrenze zu nähern (MACKENSEN, GRUTTNER, ROELOFS u.a.). Diese Flimmergrenze ist individuell sehr verschieden.

Die Reizmustergeschwindigkeit beeinflusst darüberhinaus die Regelmäßigkeit des Nystagmus, die außerdem von der Fixation beeinflusst wird: Ohne Fixation einzelner Teile des Reizmusters oder ähnlicher "Fixationspunkte" wird der OKN regelmäßiger, d.h. zur ungestörten Untersuchung ist ein homogenes Testfeld notwendig.

- der Bewegungsrichtung des Reizmusters: CORDS, KOLZEN, ROELOFS, VAN DER BENDS und GUNTHER halten

Linksnystagmus für leichter auslösbar und stärker. Auf der Seite des stärkeren Nystagmus wird das opto-kinetische Minimum empfindlicher. Die Dominanz einer Nystagmusschlagrichtung wird mit der Dominanz einer Großhirnhemisphäre, der Äugigkeit und Händigkeit verglichen. - MACKENSEN (51) findet keine quantitativen Unterschiede zwischen Rechts- und Linksnystagmus; entsprechende Untersuchungen stammen von OHM, KESTENBAUM, FOX und HOLMES. Starke Seitenunterschiede sind individuelle Besonderheiten und zufallsbedingt. MACKENSEN fand ein Verhältnis von Links- zu Rechtsnystagmus von $1,01 \pm 0,02$. LEHNERT und LANGE (44) führten zu dieser Frage elektronystagmographische Untersuchungen durch; auch sie fanden keine Seitenbevorzugung des Nystagmus.

- Funktionstüchtigkeit der Netzhaut:

Je größer die zentrale Sehschärfe ist, desto deutlicher wird der Nystagmus, auslösbar bleibt er allerdings bis zu einem Visus von unter 1/50.

OHM, ARKIN (2) u.a. erkannten, daß die Netzhautmitte nicht unbedingt zur Auslösung des experimentellen OKN notwendig ist; er läßt sich auch bei Zentralskotom induzieren. Die Fixation verlagert sich entsprechend auf einen peripheren Netzhautort, obwohl im Normalfall eine Überlegenheit der Fovea centralis besteht (CORDS). MIS (63) reizte Netzhautperipherie und -zentrum mit verschiedenen Stimuli: Beim Gesunden ließ sich OKN nur bei Reizung von Fovea centralis und Macula lutea erzielen, bei Reizung des fovearandes und der Peripherie waren schwache bzw. keine Augenbewegungen auslösbar. Bei "Amblyopen Gradus minoris erschien eine sehr schwache Bewegung der Augäpfel nach einer längeren Zeit nach dem optischen Reiz (60 Sekunden und mehr)": Schwer erkennbare und irreguläre Augenbewegungen. - Bei Erkrankungen der Fovea centralis (Retinitis centralis, Retinitis centralis peracta) fand MIS keinen oder nur sehr schwachen OKN. - Bei "Erkrankungen der Netzhautperipherie (Chorio-retinitis, Retinitis pigmentosa) erschien, wenn nur die

Fovea centralis und die Macula lutea in den Krankheitsprozeß nicht mit einbezogen waren", der OKN sowohl bei gleichsinnigen wie auch bei Pendelreizungen; bei Glaskörperblutungen war der OKN irregulär und von der Lage der Trübungen abhängig.

- oberen und unteren Reizschwellen:

LARMANDE (41) bestätigt BLOMBERG (s.S. 22), der zwischen der accelerierenden und der decelerierenden oberen Schwellenbestimmung keinen signifikanten Unterschied feststellt. Die obere Schwelle ist unabhängig von Alter und Geschlecht, aber zeitlich veränderlich und von der Person abhängig. Die Flimmerfusionsgrenze liegt zwischen 60 und 150°/sec Reizmustergeschwindigkeit. - Die untere Schwelle zur Auslösung des OKN liegt bei Winkelgeschwindigkeiten von 1 - 10°/sec, wobei sich durch Aufmerksamkeitsschwankungen Bestimmungsfehler einstellen.

- Lebensalter:

KESTENBAUM, CORDS und DODEN (16) beschreiben, daß sich der OKN erst nach Ausbildung der Führungsbewegung in Einzelfällen in der 5. Lebenswoche, normalerweise aber erst nach 3 - 4 Monaten konstant auslösen läßt. Die Führungsbewegung ist erst am Anfang des 5. Lebensmonats voll ausgebildet (Markscheidenreifung).

Nach KRÜGER (40) kann im ersten Lebensjahr über die Sehschärfe nur ausgesagt werden, ob der Entwicklungsstand normal ist, im 2. - 3. Jahr wird die Sehschärfenbestimmung genauer, aber erst im 4. - 5. Lebensjahr ist es möglich, die "kortikale Sehschärfe" mit einzubeziehen.

COMBERG (12) gibt eine Methode zur Sehschärfenprüfung im 2. Lebensjahr an; es handelt sich eigentlich um eine Lichtsinnesprüfung "mit kleinsten Objekten unter photopischen Belichtungsbedingungen."

- der Helligkeit:

GRÜTTNER (24) und ROELOFS (79) finden innerhalb eines großen Helligkeitsbereiches keine Abhängigkeit des OKN

von der Helligkeit; Abhängigkeit ergibt sich erst bei sehr großen Helligkeitsschwankungen.

- willkürlicher Beeinflussung:

MACKENSEN (50): "Ablenkung der Aufmerksamkeit durch Rechenaufgaben und Hinwendung auf intensiv vor oder hinter dem Reizmuster vorgestellte Punkte führen zu einer hochgradigen Hemmung des Nystagmus." Die Aufmerksamkeit sei für den Ablauf des Nystagmus von größerer Bedeutung als eine scharfe Abbildung des Reizmusters.

4. Inversion des optokinetischen Nystagmus

Die Inversion des OKN ist definiert als Schlagrichtungs-umkehr bei der optokinetischen Reaktion.

Inversion ist beweisend für kongenitalen ("okulären") Nystagmus, bei Nystagmusinversion liegt keine Störung im Bereich des Vestibularapparates, des Hirnstammes, in sub-corticalen oder corticalen Bereichen vor. - Inversion findet sich auch beim experimentellen OKN und beim kongenitalen latenten Nystagmus.

Die OKN-Inversion "bei bestimmten pathologischen Nystagmusformen als auch seine künstliche Inversion bei Gesunden scheinen in einer Störung des Fixationsreflexes ihre eigentliche Ursache zu haben." (DODEN, MEYER und RITTER, 18).

Entscheidende experimentelle Bedingung ist die Aufmerksamkeits-zuwendung auf ein horizontal-exzentrisches Nachbild während optokinetischer Reizung (DODEN, MEYER und RITTER, 18). Diese artefizielle Inversion ist bei Gesunden häufig, wenn das Nachbild $5 - 10^{\circ}$ außerhalb der Blickrichtung erscheint, wobei "wie bei der Fixation realer Objekte während optokinetischer Reizung" auch optokinetische Zirkularvektion empfunden wird.

5. Optokinetische Reizung und Nachbilder

KOMMERELL und MACKENSEN (35) beschreiben eine Hemmung des

OhN bei Darbietung eines exzentrischen Nachbildes bei in Richtung des Nachbildes bewegtem Streifenmuster; die Versuchsperson wendet dabei ihre Aufmerksamkeit auf das Nachbild. "Statt des optokinetischen Nystagmus treten Augenrücke in entgegengesetzter Richtung auf, die als Blickbewegungen auf das Nachbild und nicht als Inversion ... gedeutet werden."

VIEFHUES (101) betont die Wichtigkeit der Aufmerksamkeitszuwendung auf ein foveales Nachbild; richtet die Versuchsperson ihre Aufmerksamkeit auf den Nachbildfleck ("was sofort immer gelingt"), tritt kein Nystagmus auf; verfolgt sie aber das bewegte Streifenmuster, dann entsteht "unwillkürlich ein optokinetischer Nystagmus."

Bei der Therapie der Schielamblyopie mit einem Euthyskop (CÜPPERS) können exakt zentrierte Nachbilder erzeugt werden, da die Lage des Lichtfleckes auf der Netzhaut während Beleuchtung kontrolliert werden kann. Die Nachbilder können als ruhende Fixationsobjekte genutzt werden. Im Zusammenhang mit der Kontrolle der Nachbildwahrnehmung erhielt AUST (4) bei der Untersuchung des Nachbildablaufs bei Schielamblyopen am OHM-v.ROMBERG'schen Gerät folgende Ergebnisse:

- Bei den meisten Schielschwachsichtigen kann ein Euthyskopnachbild den Nystagmus am OHM-v.ROMBERG'schen Gerät hemmen; dabei besteht Abhängigkeit vom Fixationstyp.
- Wie bei Normalsichtigen treiben die Nachbilder bei Schielamblyopen entgegengesetzt zum wandernden Streifenmuster.
- Nachbildfluktuationen treten zu 25 - 50% auf.
- Die Nachbilder bei amblyopen Patienten aller Fixationstypen werden in über 50% der Fälle vor dem wandernden Streifenmuster angegeben.
- Die Nachbilder klingen meist farbig ab.
- Im Spätstadium des Nachbildverlaufs können "schwingungsförmiger Farbwechsel" und "Nachbilddeformierungen" auftreten.
- Das Erkennen der Nachbildmitte hängt vom Fixationstyp ab.

6. Fixation und Fernvisus bei optokinetischer Reizung

OSTERLOH (74) untersuchte 10 amblyope Patienten im Alter von 8 - 12 Jahren mit exzentrischer Fixation. Sie wurden mit einem bewegten Streifenmuster optokinetisch gereizt (mit verschiedenen Reizmuster- und -drehgeschwindigkeiten und -drehrichtungen); in 9 Fällen wurden starke Visus- und Fixationsverbesserungen (meist im Sinne einer Zentralisation) erreicht, die in 2 Fällen 1 bzw. 2 Tage anhielten; s.S.135.

7. Optokinetischer Kurzreiznystagmus

KOMMERELL und THIELE (36) untersuchten den optokinetischen Kurzreiznystagmus, dessen Begriff sie prägten, quantitativ: Er tritt nur bei Wahrnehmung der Streifenbewegung auf, daher kann man die Beteiligung der Großhirnrinde annehmen. - Die Reizzeit ist kürzer als die Latenzzeit des Nystagmus, so daß die retinale Bildwanderung nicht durch Augenbewegungen beeinflußt wird. Das ermöglicht die Untersuchung des zentralnervösen Reglers; s.S. 21.

Die kürzeste Reizzeit liegt nach KOMMERELL und THIELE bei 0,02 sec, die minimale Reizmuster- und -drehgeschwindigkeit bei $5^{\circ}/\text{sec}$. Die minimale retinale Bildverschiebung betrug 0,4 - 2° (bei Expositionszeiten von 0,02 bzw. 0,25 sec, Reizmuster- und -drehgeschwindigkeiten von 5 - $70^{\circ}/\text{sec}$).

8. Hemmung des optokinetischen Nystagmus

ist möglich durch z.B.

- a. Ausschalten des optokinetischen Reizes.
- b. Herausbewegen des Reizobjektes aus dem Gesichtsfeld.
- c. Aufmerksamkeitsablenkung durch z.B.
 - Fixieren eines realen unbewegten Gegenstandes,
 - Nachbilder (s.S. 28f.

9. Optokinetischer Nachnystagmus

Nach Ausschalten des optokinetischen Reizes z.B. durch Augenschluß bewegen sich die Augen noch eine gewisse Zeit im Sinne des OKN weiter (mit horizontaler Schlagrichtung), allerdings mit abnehmender Amplitude und Frequenz.

OHM, GRÜTTNER, MACKENSEN u.a. unterscheiden 2 Phasen des optokinetischen Nachnystagmus (postoptokinetischen Nystagmus):

- In Phase I schlägt der optokinetische Nachnystagmus (im Gegensatz zum postrotatorischen Nystagmus) in gleicher Richtung wie der OKN, dreht aber in
- Phase II seine Schlagrichtung um.

MACKENSEN und WIEGMANN (60) stellen ein Fehlen des Nachnystagmus in 5% aller Fälle fest. - Ein eigentlicher vertikaler Nachnystagmus existiert nach DODEN (17) nicht.

Die Dauer der Nacherregung, deren Ausdruck der Nachnystagmus ist (der im allgemeinen mit 2 - 3 Schlägen abklingt) hängt von der Reizmuster Geschwindigkeit ab: Je größer sie ist, desto länger dauert der optokinetische Nachnystagmus. - Frequenz und Amplitude nehmen unkontinuierlich, individuell sehr stark schwankend, ab.

MACKENSEN und RUDOLPH (57) untersuchten 20 Personen auf Nachnystagmus: Nach Hemmung des OKN durch Fixieren eines stillstehenden Punktes zeigten - ohne initialen Nystagmus, also allein als Folge des optokinetischen Reizes - 7 Versuchspersonen einen optokinetischen Nachnystagmus in beiden Schlagrichtungen, 8 in nur einer, während 5 überhaupt nicht reagierten. Der beobachtete optokinetische Nachnystagmus war sehr unregelmäßig, hatte verkleinerte Frequenz und Amplitude und war in seinem Ende schwer festzulegen.

MACKENSEN und WIEGMANN (60) setzten für das Auftreten eines Nachnystagmus voraus, daß im Gesichtsfeld keine stehenden Kontraste vorhanden sind, die den Nachnystagmus hemmen würden. - Asymmetrie im Nystagmus scheint sich im Nachnystagmus fortzusetzen.

Zur Theorie des optokinetischen Nachnystagmus werden u.a. folgende Angaben gemacht:

OHM sieht im optokinetischen Nachnystagmus ein allmähliches Abklingen der Erregung im Rahmen seiner Oszillationstheorie des OKN. - ADAMS nimmt eine unspezifische thalamo-reticuläre Erregungsnachdauer an, wobei eine Bevorzugung des Horizontalnystagmus besteht.

CORDS nahm an, der Nachnystagmus werde durch die Vorstellung der weiteren Bewegung und des Bewegungsnachbildes ausgelöst. FOX, COUCH und DODGE erklären den Nachnystagmus als Ausdruck psychischer Faktoren (Gewohnheit, Erwartung). - TER BRAAK spricht von einer zentralen Hemmung oder zentralen Trägheit, die sich nach Aufhören des Nystagmus als langsames Abklingen des Nystagmus äußert.

TSUKAMATO (97) beschreibt den fördernden Effekt von Coffein und den hemmenden von Barbituraten auf den Nachnystagmus; er gibt als Reizmustergeschwindigkeit mit größter Frequenz und Dauer des Nachnystagmus 90 oder 120°/sec an.

Den Einfluß von Medikamenten (Neuroleptica) auf den optokinetischen Nachnystagmus untersuchte z.B. auch WINTER (107). Unter den qualitativen Größen wurde der "modifizierte Nachnystagmus" zuerst unterdrückt, unter den quantitativen Größen wurde die Winkelgeschwindigkeit des OKN relativ stärker gedämpft als die langsame Phase: Unterschiede zwischen Haloperidol, Buronil und Valium wurden festgestellt. Alkohol und Barbiturate sollen in geringen Dosen mehr das die langsamen Augenbewegungen steuernde System, Neuroleptica mehr das die schnellen Augenbewegungen steuernde System dämpfen.

10. Theorien zum optokinetischen Nystagmus

BARTELS (5) beschreibt, daß beim Tier eine Auslösung des Nystagmus durch Reizung der Occipitalrinde erfolgen kann, daß Nystagmus aber auch bei Entfernung der Großhirnrinde

möglich ist. Beim Tier besteht also ein kürzerer sub-corticaler Reflexweg.

Dementsprechend unterscheidet TER BRAAK (95):

- Stiernystagmus (stare-nystagmus), der beim Tier auftritt, wenn sich alle im Gesichtsfeld befindlichen Kontraste gleichsinnig bewegen; er ist auch nach Großhirnextirpation nachweisbar. "Retinale" Entstehung.
- Schaunystagmus (look-nystagmus) ist ein foveolarer Fixationsnystagmus; er kommt beim Menschen unter Großhirnbeteiligung zustande, wenn die Aufmerksamkeit auf einen bestimmten wahrgenommenen bewegten Kontrast gelenkt wird.

Nach TER BRAAK hat der Nystagmus zwei Komponenten, nämlich eine schnelle Spähbewegung (Fixationsbewegung) und eine langsame Folgebewegung. - Großhirnbeteiligung bedingt die Abhängigkeit des OKN von physischen Faktoren wie Gestalt und Geschwindigkeit des Reizmusters einerseits und psychischen Faktoren wie Aufmerksamkeit, Interesse, Ablenkung und Ermüdung andererseits.

Auch SCALA und SPIEGEL (85) unterscheiden einen (aktiven) corticalen und einen (passiven) subcorticalen Nystagmustyp: Letzterer kommt bei Neugeborenen, Bewußtlosen und Idioten vor und entspricht dem Stiernystagmus TER BRAAKs; er wird entsprechend ausgelöst und durch im Gesichtsfeld ruhende Gegenstände gehemmt. Im Tierversuch bewirkt eine Läsion der vorderen Vierhügelplatte oder der Vestibulariskerne ein Ausbleiben dieses "passiven" Nystagmustyps.

RIEKEN (77) unterteilt den Nystagmus in

- optokinetische Bewegungen, die von Aufmerksamkeit und Fixationsbestreben gelenkt werden und
- automatisch (also unwillkürlich) ablaufende Augenbewegungen.

Normalerweise soll bei den üblichen Untersuchungen eine Mischform vorkommen; dazu seien Fixationsbewegungen nötig und eine Hemmung sei durch "Blick ins Leere" zu erreichen.

Die Unterteilung RIEKENS in verschiedene Niveaux ist ebenso anfechtbar wie die anderen genannten Einteilungen, da für

letztere keine genauen und eindeutigen Beweise vorliegen und für erstere kein psychologisch-anatomisches Substrat gefunden werden kann (vgl. ANTONIADIS, 1).

Subcorticalen nystagmus gibt es beim Menschen nicht (KORN-HUBER, VELZEBOER, 99).

HOFFMANN (28) nannte den OKN einen "psychooptischen Reflex", ein Begriff, der eigentlich schon von OHM vorweggenommen wurde. Durch optische Reize, die die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, entstehen reflexartige Augenbewegungen. OHM beschrieb den OKN als Folge zentraler Schwingungsvorgänge. - Um den subcorticalen Reflexweg nicht vollkommen auszuschließen, nennt RIEKEN (77) den Begriff "visuelle Reflexbewegungen". - v.HOLST und MITTELSTÄDT untersuchten und interpretierten einen zentralen Apparat, der bei "genügender Selbsterregung oder Anregung von außen her auch nach Aufhebung aller Affferenz in Autorhythmie übergehen könne." (DODEN, 17).

SACHSENWEGER (81) erklärt Unterschiede zwischen Frequenz und Amplitude bei der gleichen Versuchsperson unter gleichen Untersuchungsbedingungen durch einen Wettstreit zwischen optomotorischen Zentren des Occipital- und des Frontalhirns (vgl. S. 16).

11. Verwendung des optokinetischen Nystagmus

- Zur objektiven Sehschärfenbestimmung.
- Als Simulationsprobe in Verbindung mit der Sehschärfenbestimmung.
- Zur Behandlung der Schielamblyopie und der anomalen Korrespondenz (s. z.B. AUST, FALLOWSA).
- Mit dem Elektronystagmogramm lassen sich pathologische Nystagmusformen erkennen und quantitativ auswerten.

12. Pathologischer Nystagmus, Störungen des OKN

12.1 Spontannystagmus

KORNHUBER (bei DODEN, 17) unterscheidet drei Arten:

a. Vestibulärer (peripherer oder zentraler) Spontannystagmus bei Vestibularapparatstörungen, s.S. 38.

b. Blickrichtungs- oder blickparetischer Nystagmus bei Störungen des Regelungsapparates für willkürliche Augenbewegungen.

b.1 Blickrichtungsnystagmus ist charakterisiert durch unerschöpflichen Rucknystagmus, der vor Erreichen der Endstellung auftritt - davon zu unterscheiden ist der Endstellungsnystagmus nach BARANY:

Er kommt bei ca. 60% der Bevölkerung vor, ist physiologisch und tritt beim Einnehmen von extremen Blickrichtungen (ca. 50° Abweichung) auf; er ist feinschlägig, niederfrequent, unregelmäßig und erschöpflich.

b.2 Blickparetischer Nystagmus schlägt bei Blickparesen in deren Richtung und ist niederfrequenter als der Blickrichtungsnystagmus.

b.3 Toxischer Blickrichtungsnystagmus hat seine Ursache in Vergiftungen z.B. durch große Dosen von Alkohol oder Barbituraten; er ist zu unterscheiden von

- Alkohollagennystagmus und Evipannystagmus in kleineren Dosen;
- Sakkadierung und Augenfolgebewegungen (geringere Frequenz);
- Augenmuskelparetischem Nystagmus.

c. Fixationsnystagmus bei Störungen des Fixationsregelungsapparates.

c.1 Konvergenznystagmus (DODEN, 17) kann verursacht sein durch:

- Praeaequaeductsyndrom (zusammen mit N. retractorius; dieser kommt z.B. bei umschriebener cerebraler Mangel durchblutung der retromillären Gefäße, die aus der A. cerebri post.

entspringen und einen länglichen Streifen von der Wand des dritten Ventrikels entlang dem Aquaeduct bis zum Kerngebiet des N. facialis versorgen, vor; SIEINBUCH und SCHNEIDER, 93).

- Läsionen des Mittelhirns.
- Posttraumatischen Horror fusionis (zusammen mit nicht-hysterischen Anfällen von "Konvergenzspasmen").
- Kleinhirnsarkom (rhythmischer Lidnystagmus bei Konvergenzstellung, mit und ohne rhythmische Pupillenerweiterung; DODEN, 17).

c.2 Pendelnystagmus kommt u.a. vor bei

- Spasmus nutans.
- Dunkelheit und dann, wenn nur Lichtwahrnehmung besteht (BAKIELS: Dämmerungsnystagmus); Mangel an Formensehen und vor allem Nichtausbildung des Fixationsreflexes bieten Erklärungsmöglichkeiten.
- Blinden. Blindennystagmus kann nach OHM pendelförmig sein; er besteht nur am wachen Patienten und tritt zusammen mit anderen, sehr verschiedenartigen Augenbewegungen auf. Als Ursache kommt ein Mangel an visueller Kontrolle der Augenstellung in Betracht.
- Schaukelnystagmus. Der "see-saw"-nystagmus kann kongenital (SCHMIDT, 86) oder erworben (Traumafolge) auftreten (SCHMIDT und KOMMERELL, 87); Gesichtsfeldausfälle, vertikale Blickparesen oder Kopftremor können mit ihm vergesellschaftet sein.
- Bergarbeiternystagmus (OHM, 70; DODEN, 17); er ist dem kongenitalen Nystagmus sehr ähnlich, aber es bestehen Unterschiede:
 - Auftreten erst nach mehrjähriger Untertagearbeit im Erwachsenenalter, Rückbildungsmöglichkeit.
 - Verschiedenartige Bewegungsabläufe an beiden Augen (dissoziierter Nystagmus ohne Augenmuskelparesen).
 - Keine Inversion des experimentellen OKN.
 - Oft mit Schwindel.
 - Scheinbewegungen (Oszilloskopie).
 - Lidkrämpfe und Körper-/Kopfzittern sind möglich.

Als Ursachen kommen außer Untertagearbeit familiäre Disposition, Strabismus in Betracht.

12. 2 Schädigungen, die zum optokinetischen Nystagmus führen können

a. Großhirnläsionen

Vestibulär ausgelöste Augenbewegungen sind dabei gewöhnlich ungestört (KORNHUBER); einseitige Verminderung des OKN zeigt die Seite der Läsion sehr sicher an, bei einseitigen OKN-Störungen kommen keine Blickrichtungs- oder blickparetischen Nystagmen auf.

b. Bilaterale mesodiencephale oder mesencephale Haubenläsionen
Störungen des vertikalen OKN mit vertikaler Blickparese und (oft) Nystagmus retractorius; (KORNHUBER).

c. Bilaterale Störungen der Brückenhaube

Sie ergeben eine bilaterale Verminderung des horizontalen OKN.

d. Hirnstammläsionen

Hirnstammläsionen bedingen einseitige OKN-Störungen mit Blickparese- oder Blickrichtungsnystagmus.

e. Macula-, Retina- oder N. opticus - Läsionen

Wenn sich die zentrale Sehschärfe in den ersten Lebensmonaten und -jahren nicht ausbildet, kommt es zur Amblyopie mit pendelndem Spontannystagmus bei vermindertem bzw. aufgehobenen optokinetischen Nystagmus. Blickfusionsstörungen, Strabismus concomitans mit intakter konjugierter Blickinnervation kommen vor (DODEN, 16; JUNG, bei DODEN, 17).

f. Allseitige optokinetische Störungen (horizontal und vertikal)

"... können nur mit den großen optokinetischen Reizflächen etwa bei der Benutzung des großen Rundhorizontes nach v.ROMBERG mit Sicherheit festgestellt werden ..." (DODEN, 17). - Sie kommen bei Bewußtseinsstörungen, Intoxikationen, peripherer Amaurose, Rindenblindheit und anderen Läsionen des Zentralnervensystems vor.

Nystagmusstörungen als pathologischer Befund sollten immer zusammen mit anderen Befunden in die Diagnose eingehen.

III. VESTIBULÄRER NYSTAGMUS

Man unterscheidet (BOENNINGHAUS, 7; DODEN, 17):

- Lagennystagmus,
- Provokationsnystagmus,
- experimenteller vestibulärer Nystagmus,
- experimenteller rotatorischer Nystagmus,
- experimenteller galvanischer Nystagmus,
- experimenteller Wechselstromnystagmus.

Bei Vestibularapparatstörungen tritt spontan Rucknystagmus auf, der oft durch Augenschluß verstärkt, durch Fixation gehemmt wird. - Ursachen der Vestibularisstörungen können peripher oder zentral bedingt sein, die Nystagmusentstehung ist aber immer ein zentraler Vorgang (DODEN).

1. Labyrinthäre Vestibularisstörungen

Nach einem Labyrinthausfall folgt das Stadium der "zentralen Kompensation", dem sich ein "Erholungsnystagmus" anschließt (10%). Bei chronischer Labyrinthausschaltung fehlt der Spontannystagmus; sonst schlägt er mit großer Amplitude zur Gegenseite (im Unterschied zur Phase I des optokinetischen Nachnystagmus); JUNG, bei DODEN, 17.

2. Retrolabyrinthärer Vestibularisausfall

Der zentral-vestibulär bedingte Nystagmus ist ein vertikaler oder (erheblicher) rotatorischer Spontannystagmus (KORNIJUBER).

3. Zentrale Vestibularisstörungen

Zentral bedingter Nystagmus ist kombiniert mit anderen obligat zentralen Symptomen. LARTELS (5) gibt eine topologische Zuordnung von Läsionen im Vestibularis- und Zentralnervensystembereich zu Nystagmusphänomenen an, ebenso JUNG und JOHNEUBER.

IV. SONDERFORMEN

1. Willkürnystagmus

Diese Nystagmusform ist jederzeit (willkürlich) erzeugbar, erlernbar und bietet somit dem Simulanten bei der objektiven Sehschärfebestimmung auf der Grundlage des OKN eine Täuschungs-

möglichkeit. - Es können verschiedene Nystagmusformen imitiert werden. Eigene Erfahrungen bestätigen die Imitierbarkeit und Reproduzierbarkeit des Willkürnystagmus in verschiedenen Geschwindigkeiten (der langsamen Phase), verschiedener Frequenz und Amplitude.

LAUX und KREY (42) unterscheiden auf Grund der bisher bekannten Literatur

- eine niederfrequente Form, bei der jede Einzelbewegung dem Willen unterworfen ist,
- die häufigste Form, bei der nur Anfang und Ende der ansonsten völlig unwillkürlich ablaufenden Augenbewegungen dem Willen unterliegen,
- Rüttel- und Schüttelnystagmus, wobei durch maximale Konvergenzstellung der Augen ein dissoziierter feinschlägiger Nystagmus ausgelöst wird.

2. Alternierender Nystagmus

wechselt periodisch seine Schlagrichtung; er wird z.B. von DAVIS und SMITH (14) beschrieben: Es handelt sich um eine charakteristische neuro-ophthalmologische Motilitätsstörung, die bei Vertikalblick vorkommt. - Dies ist eine Ausnahme zu der Regel, daß horizontaler Nystagmus bei Blick nach oben oder unten Kongenitalnystagmus vermuten läßt. Der alternierende Nystagmus kommt bei Neurosyphilis, demyelinisierenden Krankheiten, Encephalitis, Blindheit, kongenitalen Anomalien und Albinismus vor.

V. KONGENITALER NYSTAGMUS

Dazu gehören hereditärer wie auch früh erworbener Nystagmus.

Ursachen für den hereditären Nystagmus sind: Hereditäre Systemdegenerationen im optisch vestibulären System des Hirnstammes (JUNG, KORNDÜCKER u.a.); oft besteht eine Kombination mit anderen Anomalien. - Der früh erworbene "kongenitale" Nystagmus bei Amblyopie (s.S. 37) kann durch Röteln-Cataract, beidseitiger Toxoplasmose, Leukoma adhaerens nach Gonoblenorrhoe ausgelöst werden, sofern der Visus unter 0,3 sinkt.

1. Latenter Nystagmus (Fixationsnystagmus)

Es handelt sich um einen Rucknystagmus, der beim Verdecken eines Auges manifest wird und in Richtung des offenen Auges schlägt; z.T. besteht rotatorischer Nystagmus, z.T. eine Kombination mit Strabismus concomitans. - Experimenteller OKN wird bei monocularer Reizung charakteristisch verformt oder ist nicht auslösbar. bei Reizmusterbewegung in Gegenrichtung zur schnellen Nystagmusphase entsteht Inversion (wie beim manifesten kongenitalen Nystagmus), bei binocularer Reizung kann der OKN normal sein. - Die Ursache des latenten Nystagmus liegt in einer Störung des Fixationsmechanismus, er kommt bei alternierendem wie bei unilateralem Schielen vor, ist am amblyopen Auge meistens stärker.

2. Manifeste kongenitaler Nystagmus

Dieser "okulare" Nystagmus bei Amblyopie (s.o.) ist vielgestaltig, tritt aber meistens als Pendelnystagmus auf und hat folgende Eigenschaften (vgl. Bergarbeiternystagmus, S. 36):

- Verstärkung des Nystagmus und Sehschärfenabnahme bei Verschluss eines Auges;
- die monocular Sehschärfe ist entsprechend schlechter;
- monocular Fixation verstärkt, binocular schwächt den Nystagmus;
- experimenteller OKN ist gestört (s. "latenter Nystagmus");
- durch Konvergenz oft Verminderung des Nystagmus;
- außer einer Indifferenz- oder Ruhelage gibt es Blickrichtungen mit besonders starkem Nystagmus - kompensatorischer Schiefhals. Der Nystagmus ist abhängig von Heiligkeit, Fixation und Augenschluß.
- Bewegungssehen (KÖRNER und DIEHGANS, 38; JÄGER und FONEGGGER, 32, s.S. 6) ist bei Kindern mit kongenitalem Nystagmus absolut besser als bei Normalpersonen.

VI. ELEKTRONYSTAGMOGRAPHIE

Die Untersuchung des Nystagmus kann durch einfache Beobachtung, mit Hilfsapparaten wie der BARTELS- oder FRENZEL-Brille wie

auch nach Aufzeichnung der Nystagmusbewegungen mit folgenden Methoden erfolgen:

1. Hebelnystagmographie,
2. Pneumatonystagmographie,
3. Photographische Registrierung,
4. Kinematographische Registrierung (auch mit Infrarotlicht),
5. Spiegelnystagmographie (OHM, HAGER; gilt als empfindlichste Methode),
6. Elektromagnetische Nystagmographie,
7. Elektronystagmographie (ENG),
8. Photoelektronystagmographie (Ph-ENG),
9. Weiterentwicklungen von 7.

Das ENG erlaubt im Prinzip folgende Untersuchungen (ERBAKAN, 20):

- qualitative: Nystagmusentdeckung und ggf. Festlegen von Schlagrichtung und Dauer des provozierten Nystagmus;
- quantitative: Bestimmung von Frequenz, Amplitude, Schlagfeld und Gesamtzahl der Rucke.

So können evtl. statt normaler kontinuierlicher Folgebewegungen bei schielamblyopen Augen unregelmäßige saccadenförmige Bewegungen registriert werden, während das gesunde Auge des Patienten normale Folgebewegungen ausführt (v.NOORDEN und MACKENSEN, 67 und 68).

Das Prinzip der Elektronystagmographie beruht auf der Aufzeichnung von Potentialschwankungen, die bei Augenbewegungen durch Verlagerung des korneo-retinalen Spannungsgefälles zustande kommen.

Die Augen sind rotierende Dipole mit elektropositiver Hornhaut und elektronegativer Netzhaut; ihre elektrische Achse entspricht etwa der optischen Achse des Auges. Richtungsänderungen der elektrischen Achsen bei Augenbewegungen bedeuten Verlagerungen der korneo-retinalen Spannungsgefälle (Bestandspotentiale, KOHLRAUSCH), die unter gleichen Bedingungen individuell konstant sind. - Da mit dem ENG nicht nur Nystagmuszuckungen, sondern auch andere Augenbewegungen aufgezeichnet werden können, spricht man auch von Oculo- bzw. Elektrooculographie.

Mit dem ENG können noch Augenbewegungen bis zu $1 - 2^\circ$ registriert werden; raddrehender Nystagmus wird nicht erfaßt,

weil keine Verlagerung des korneo-retinalen Spannungsfalles auftritt; auch Gleich- oder wechselstromnystagmus lassen sich nicht aufzeichnen (Artefakte durch die Reizströme).

Die zu registrierenden Augenbewegungen müssen ohne Verzerrung der Nystagmusphasen verstärkt werden. Bei C/W-gekoppelten Verstärkern (Condensator/Widerstand) braucht man dazu eine Zeitkonstante von ca. 2 sec zur Messung der Winkelgeschwindigkeit der langsamen Phase. - Als Vor-schubgeschwindigkeit des Registrierpapiers verwendet man meistens 10 mm/sec, die Verstärkung beträgt 1 mV.

Die registrierten Augenbewegungen können elektronisch ausgewertet werden. KORNHUBER mißt Winkelgeschwindigkeit der langsamen Nystagmusphase, Gesamtamplitude oder die Kumulation der Frequenz. TAUMER und BÜHRMANN (94) entwickelten 1972 eine Computermethode zur quantitativen Nystagmusauswertung, 1973 veröffentlichten sie eine Methode zur Auswertung von: Intervall zwischen aufeinanderfolgenden Saccaden, maximale Saccadengeschwindigkeit, Stärke (Energie) des Nystagmus, Geschwindigkeit der langsamen Phase. - Andere Methoden zur Computerauswertung des Nystagmus werden z.B. von HERBERTS und ABRAHAMSSON sowie von HONRUBIA und Mitarbeitern (29) beschrieben.

"JUNG hat eine kombinierte Methode zur Prüfung des optisch-vestibulären Systems mittels standardisierter optokinetischer und vestibulärer Reize bei gleichzeitiger Elektronystagmographie ... angegeben ..." (DODEN, 17) Untersucht werden u.a.

- okulomotorische Spontanerscheinungen,
- Blickrichtungsnystagmus,
- Pendelfolgebewegungen,
- horizontaler und vertikaler OKN und Nachnystagmus,
- perrotatorischer Drehnystagmus und postrotatorischer Nystagmus (Phase I und II) nach "kurzdrehung" und "Langdrehung".

OBJEKTIVE SEHSCHÄRFENBESTIMMUNGEN AUF DER GRUNDLAGE DES OPTOKINETISCHEN NYSTAGMUS

Für die objektiven Sehschärfenbestimmungen sind im Prinzip horizontal-, Vertikal- und rotatorischer Nystagmus verwendbar; Horizontalnystagmus wird am häufigsten benutzt.

I. METHODE NACH OHM - v.ROMBERG

OHM erkannte 1922, daß eine Beziehung zwischen der Erregbarkeit des Sehapparates und dem OKN durch dessen Abhängigkeit von der zentralen und peripheren Sehschärfe besteht. 1931 wurde die quantitative Sehschärfenbestimmung auf der Grundlage einer Hemmung des OKN eingeführt.

Im Prinzip wird der OKN durch rotierende Streifen einer Nystagmustrommel induziert; er wird durch in das Blickfeldzentrum eingeblendete kleine Fixationspunkte, sog. Spiegelmarken, gehemmt. Die Nystagmushemmung beweist das Erkennen der Marke. Zur quantitativen Sehschärfenprüfung wird die Spiegelmarke stufenweise verkleinert dargeboten, bis keine Nystagmushemmung mehr eintritt.

OHMs Anlage bestand aus einer Nystagmus- (Dreh-) Trommel von 40 cm Durchmesser und 20 cm Höhe, die sich mit ihren senkrechten 4 cm breiten schwarzen und weißen Streifen mit einer Geschwindigkeit von $20^{\circ}/\text{sec}$ dreht. Untersuchungsentfernung: 50 cm. Verschieden große Spiegelmarken können in ihrer Helligkeit durch Graugläser variiert werden. - Die Größe des Testfeldes beträgt normalerweise 30° horizontal und 20° vertikal. Das Reizfeld kann verkleinert werden, um isolierte Netzhautabschnitte untersuchen zu können.

Mit dieser Versuchsanordnung wird das Minimum visibile also das Wahrnehmungsvermögen für Kontraste, ermittelt. Der quantitative Zusammenhang zwischen Lichtwahrnehmung und Formerkennen (Sehschärfe) wurde von AULHORN (3) für die subjektive Sehschärfentestung untersucht (s.S. 3);

WEIGELIN und Mitarbeiter (105) geben eine Maximalkorrelation zwischen Leuchtdichte des Testfeldes beim Verschwinden des OKN und dem Sehvermögen von $r = 0,95$ für das OHM-v.ROMBERGsche Gerät an.

Für alle Apparate, die die Sehschärfe mittels des OKN prüfen, müssen Eichkurven erstellt werden; diese Sehschärfenbestimmungen sind apparatespezifische Prüfungen.

OHM (71) entwickelte seine Methode weiter: Er benutzte statt stillstehender Spiegelmarken bewegte Fixationspunkte. Die Wirkung der Spiegelmarken auf den OKN wird durch sinusförmige Bewegung verstärkt.

1950 verbesserte v.ROMBERG OHMs Untersuchungsapparatur. Die wichtigsten Neuerungen sind

1. ein großer, das gesamte Gesichtsfeld des Patienten ausfüllender Rundhorizont;
2. wurde die Testmarke durch ein Raster bestimmter Winkelgröße ersetzt (bei GÜNTHER, NOTEBOOM und PLÖTZ, 27);
3. kann das Raster in seiner Helligkeit kontinuierlich geregelt werden.

Die genaue Untersuchungsanordnung des OHM-v.ROMBERGschen Gerätes wird auf S. 59 beschrieben.

Die Vorteile dieses Gerätes sind:

1. ein großes optokinetisches Reizfeld, das einen grobschlägigen, gut beobachtbaren (und registrierbaren) OKN bedingt; darüberhinaus kann sich der Patient dem starken optokinetischen Reiz kaum entziehen;
2. die stufenlose Helligkeitsregelung der Fixationsmarke;
3. eine vergrößerte Fixationsmarke (Schachbrettmuster), die der Patient auch bei Abweichung vom Geradeausblick erkennen muß;
4. ein konstanter Untersuchungsabstand (Normung).

Am Gerät nach v.ROMBERG erhielten WEIGELIN, HEINRICHS, LEONARDI und NIESEL (105) folgende Ergebnisse:

Normale, künstlich myopisierte Versuchspersonen konnten bis zu einem Visus von "Handbewegungen in 1 m Entfernung" untersucht werden, bei kleineren Visuswerten ließ sich

der OKN nicht mehr auslösen. In halblogarithmischer graphischer Darstellung (Abszisse: objektive Sehschärfe in Widerstandseinheiten; Ordinate: Logarithmus des subjektiven Visus) ergab sich ein S-förmiger Kurvenverlauf. - Bei Patienten, deren Sehvermögen durch Erkrankungen oder deren Folgezustände herabgesetzt war, ergab sich das gleiche Bild. - Der "einfache Fehler der Messung beim Einzelfall" in den einzelnen Visusgruppen betrug durchschnittlich $\pm 1,53$ bis $\pm 3,77$ Widerstandseinheiten (bei einer Skala von 0 - 100 Widerstandseinheiten). - WEIGELIN und Mitarbeiter stellten keinen Einfluß der Akkommodationslähmung fest (Untersuchung in Miosis und Mydriasis).

GEYER (22) fand bei Untersuchungen am OHM-v.ROMBERG'schen Gerät, daß

1. kleine, nicht auskorrigierte Brechungsfehler das Ergebnis nicht nennenswert beeinflussen,
2. Akkommodationsausschaltung nicht erforderlich ist,
3. bei 4% der Patienten ein OKN nicht sicher auslösbar war,
4. Alter und Aufmerksamkeit bei der Bestimmung wichtig sind,
5. Schielamblyopien und Anisometropien bessere Ergebnisse liefern.

Bedingungen für die Untersuchung am OHM-v.ROMBERG'schen Gerät sind:

- OKN ist auslösbar, d.h. u.a.
- Visus ist größer als "Handbewegungen in 1 m Entfernung",
- Gesichtsfeld: OKN entsteht nicht, wenn periphere Gesichtsfeldausfälle bis zu einem Restgesichtsfeld von 10° sowie parazentrale Inseln von $10 - 20^\circ$ vorhanden sind (GEYER, 22) - Zentralskotome von 10° ergeben nach WEIGELIN und Mitarbeitern (105) Übereinstimmung mit der subjektiv bestimmten Sehschärfe, wobei Schielamblyopien nicht berücksichtigt werden. Die Gesichtsfeldangaben gelten für die I/4-Marke am GOLDMANN-Perimeter.),
- Aufmerksamkeit. DODEN (17) nennt die Aufmerksamkeit als sehr wichtigen Faktor der objektiven Sehschärfebestimmung und stellt weiterhin fest, daß individuell sehr verschiedener Nachnystagmus die Bestimmung sehr beeinträchtigt
- die Nennung des Nystagmus werde verschleiert.

Weiterhin wird geltend gemacht, daß willentliche Beeinflussung des Nystagmus das Ergebnis beeinflußt (s.S. 28, 38) - die Möglichkeit einer willkürlichen Beeinflussung des OKN ist allerdings gerade bei der Sehschärfenbestimmung nach OHM-v.ROMBERG gering (s.u.).

Eine Sehschärfenbestimmung auf der Grundlage des OKN wird dem Patienten nicht schaden, denn "es ist wahrscheinlich, daß das Gitternetz erst von einer paramacularen Stelle aus wahrgenommen wird, so daß nicht selten eine schlechtere Sehschärfe als die subjektiv angegebene zum Vorschein kommt." (DODEN, 17). - Auch GEYER (22) stellt ein Ergebnis zugunsten des Patienten fest.

VIEFHUES und KÜHNHARDT (102) prüften die Sehschärfe von einigen Schielamblyopien am OHM-v.ROMBERG'schen Gerät, s.S. 135.

W e i t e r e n t w i c k l u n g e n und Veränderungen des OHM-v.ROMBERG'schen Gerätes sind u.a. benutzt worden von

1. HUGGER (31). Er prüfte die "Frage des Erkennens und des Wahrnehmens der Lesezeichen sowie ihre Beziehung zur Nystagmushemmung".
2. ZEEP (110) entwickelte die Methode OHMs dahingehend weiter, daß nicht mehr stillstehend, sondern bewegte Fixationsobjekte (sich drehende Spiralen) in das sich bewegende Streifenmuster hineinprojiziert wurden (vgl. S. 44, OHM). Aufzeichnung durch eine Super-8-Schmalfilmkamera mit Gummilinse zur stufenlosen Vergrößerung. Der OKN und seine hemmung wurden nystagmographisch registriert. - Als "erste Ergebnisse" werden gute Übereinstimmung zwischen subjektiv und mit dieser Methode objektiv bestimmter Sehschärfe angegeben.
3. MAUTNER (61) induziert einen OKN mittels Film: Horizontal wandernde Streifen. Nystagmushemmung erfolgt durch einen in das Reizmuster projizierten E-Haken; sie ist ein Maß der Sehschärfe. - Der OKN wird schon von E-Haken gehemmt, die noch nicht als solche erkannt werden; die Größendifferenz sei abhängig von der Krankheit des Patienten.

4. YAMANAKA (109) untersuchte das Formensehen mit dem OKN: Schwarze, blaue, rote und grüne Muster induzieren einen OKN bei verschiedener Beleuchtungsstärke. Die objektiv bestimmte Sehschärfe als Funktion des Logarithmus der Beleuchtungsstärke ergibt S-förmige Kurven. Die beste Sehschärfe wird mit schwarzen vertikalen Rechteckmustern erhalten; die Abhängigkeit von der Objektfarbe wird mit Helligkeitsunterschieden zwischen Objekt und Hintergrund erklärt.

II. METHODE NACH GOLDMANN

GOLDMANNs (23) Testfigur pendelt vor einem grauen Hintergrund; die Testfigur ist ein großes Schachbrettmuster, in dessen Mitte ein feineres eingelassen ist. Die Anzahl der schwarzen und weißen Kästchen ist in beiden Schachbrettmustern gleich. - Das Testobjekt unterscheidet sich aus größerer Entfernung nicht vom Hintergrund, es sieht genauso homogen grau aus.

Erst bei Annäherung an das vor dem Hintergrund pendelförmig schwingende Schachbrettmuster setzt bei einem bestimmten Abstand vom Testobjekt der OKN ein - genau dann, wenn das Minimum separabile überschritten ist. Die einsetzende pendelförmige Augenbewegung wird von der Seite mit einem Lupenspiegel beobachtet.

Aus der Größe und der Entfernung vom Raster, bei der das Augenpendeln einsetzt, wird die Sehschärfe berechnet.

LÜSCHER (46) gibt als günstigste Untersuchungsbedingungen an: Frequenz (des schwingenden "Schachbrettpendels") 0,7 Hz, Amplitude 8 cm, Fenstergröße 22 x 8 cm (Patient sieht durch ein "Fenster", um das Gesichtsfeld einzuschränken und damit Störungen auszuschließen), Beleuchtungsstärke 1800 Lux, Bewegungsrichtung waagerecht.

Vor- und Nachteile von GOLDMANNs Verfahren werden unterschiedlich beurteilt: LÜSCHER (48) nimmt eine Überlegenheit der Methode GOLDMANNs gegenüber der GÜNTHERs an, da

eine größere Genauigkeit und einfachere Untersuchungs-
technik bestehe. Auf der anderen Seite hat nach GÜNTHER
(25) seine eigene Methode eine geringere Fehlerbreite und
kleinere Versagerquote als die GOLDMANNs.

weiterentwicklungen wurden benutzt von

1. BOUMAN, TEN DOESSCHATE, DU MARCHIE SARVAAS (8) ver-
änderten GOLDMANNs Gerät im wesentlichen folgendermaßen:
Testobjekt ist eine Tafel mit gleichmäßigerem Grund,
die abwechselnd schwarze Punkte und beleuchtete Löcher
trägt. Änderung der Beleuchtungsstärke dieser Löcher
ermöglicht, eine Gleichung zwischen der mittleren
Helligkeit des Untergrundes und des Testobjektes "viel
leichter zu erhalten als mit der photographischen Methode,
die GOLDMANN verwendete."
2. MILLODOT, MILLER und JERNIGAN (62) verwendeten zur
objektiven Sehschärfenbestimmung auch Pendelnystagmus;
Testobjekte waren balkenroste mit schwarzen und weißen
Streifen gleichen Abstandes, die - auf Karten gedruckt -
gleichmäßig beleuchtet sinusförmig schwingen. Diese
Karten sind nach Angaben der Autoren schwer herzustellen,
da kleinste Verunreinigungen schon Nystagmus induzieren,
auch wenn die Karte noch nicht erkannt wird (vgl. MAUTNER,
S. 46). Die Augenbewegungen werden mit einem Schreiber
registriert: Es entstehen sinusförmige Kurven. - In dem
untersuchten Patientenkollektiv von 5 Versuchspersonen
mit Untersuchungserfahrung fand sich eine Korrelation
zwischen subjektiv (SMELLEN) und objektiv bestimmter
Sehschärfe von $r = +0,84$, die "hoch signifikant" ist
($P < .001$). Bei 51 gesunden Versuchspersonen ohne Unter-
suchungserfahrung betrug $r = +0,50$ ($P < .001$).
3. SACHSENWEGGER (82) projiziert die GOLDMANN-Testfigur
mit einem Projektor, blendet zusätzlich Sehzeichen in
die Reizfeldmitte ein, um Aufmerksamkeit und Akkommodation
zu binden; der Patient muß die Sehzeichen ansagen.

III. METHODE NACH GÜNTHER

GÜNTHER arbeitete mit folgendem Gerät: In einem schwarzen Holzkasten mit einem Fenster in der Vorderwand und ohne Rückwand werden auf zwei Trommeln von je 9,5 cm Durchmesser auswechselbare Papierschleifen von 100 cm Länge am Fenster (das verschiedene Blenden aufnehmen kann) vorbeibewegt. Das Muster auf den Papierschleifen ist ein Schachbrettmuster mit 2,5 und 10 mm Kästchendurchmesser. Die Papierschleifen werden mit einer Handkurbel bewegt, das Testfeld wird mit zwei Soffittenlampen von ca. 200 Lux beleuchtet. - Der Patient blickt durch ein Fixationsrohr von 30 cm Länge und 4 cm Durchmesser auf das Testobjekt; ein Abweichen aus der Blickrichtung wird damit erschwert und die Beobachtung erleichtert, denn es wird ein Lichtreflex auf die Hornhaut projiziert. Beobachtet wird mit einer Lupe von + 13 opt. und einer Taschenlampe. - Die Untersuchung erfolgt nach Dunkeladaptation, die auch bei den Sehschärfenbestimmungen nach OHM-v.ROMBERG und GOLDMANN vorausgehen muß.

Mit größer werdenden Winkelwerten entsteht Nystagmus - damit ist ein Äquivalent zur Sehschärfe gegeben. Entsprechend hört der OKN mit kleiner werdenden Winkelwerten auf (Nystagmus !); bei der Untersuchung kann natürlich auch mit mittleren Winkelwerten begonnen und dann je nach der Sehschärfe des Patienten mit größer oder kleiner werdenden Winkelwerten weitergeprüft werden.

Die Veränderung des Winkels, unter dem das Schachbrettmuster gesehen wird, erfolgt durch Veränderung des Untersuchungsabstandes (wie bei GOLDMANN) oder durch Verwendung eines anderen Schachbrettmusters nach Auswechseln der Papierschleife. - Ermüdung und Aufmerksamkeit des Patienten spielen auch hier eine wichtige Rolle.

Objektgröße und Untersuchungsabstand bestimmen über den Sehinkel die Sehschärfe.

SACHSENWEGER (84) nennt den größten Nachteil der GÜNTHERschen Methode: Visuswerte unter 1/25 können nicht mehr genau

bestimmt werden - allerdings sind in diesem Bereich auch die anderen Methoden zur Sehschärfenbestimmung ungenauer.

Die Fehlergrenze des GÜNTHERSchen Gerätes liegt (SACHSEN-
WEGER, 84) bei 0,16; um diesen Wert müssen die objektiv
gefundenen Werte reduziert werden. Bei Visuswerten um
0,5 beträgt die Fehlergrenze 0,1. - GUNTHER, NOTEBOOM und
PLOTZ (27) geben als Fehlergrenze für den mittleren Fehler
7 - 10% an.

LÜSCHER (48) vergleicht die Methoden GOLDMANNs und GÜNTHERs
unter verschiedenen Untersuchungsbedingungen (in Bezug auf
Reizobjekt, Reizfeldgröße, Umdrehungsgeschwindigkeit, Be-
leuchtungsstärke, Raumbeleuchtung, Untersuchungsgang):

- Das Bestimmtheitsmaß ergibt eine geringere Streuung
bei GOLDMANN (0,91; bei GÜNTHER 0,66).
- Die "Schwierigkeiten beim Erkennen der optokinetischen
Reaktion" seien beim harmonischen Augenpendeln am Apparat
nach GOLDMANN geringer.
- Versager (Augen ohne optokinetische Reaktion trotz aus-
reichenden Visus) kamen bei beiden Methoden ungefähr
gleich häufig vor.
- Der Zeitaufwand ist bei der GOLDMANNschen Methode geringer.

Bei GOLDMANN ist die Testobjekt- (Schachbrett-) Größe kon-
stant; durch Abstandsveränderung des Patienten vom Test-
objekt wird der Sehwinkel verändert. Bei GÜNTHER bleibt
die Gesamttestfeldgröße gleich, während die Testobjekte
(Schachbrettmuster auf Papierschleifen) Größenverändert
werden.

Weiterentwicklungen wurden vorgenommen von

1. NICOLAI (05, 60): Er benutzt eine elektrisch angetriebene
Nystagmustrommel mit 6 unterschiedlich großen Schachbrett-
mustern; die Trommel wird so verschoben, daß nacheinander
alle Schachbrettmuster im Testfeld erscheinen. Dadurch ist
eine kontinuierliche Untersuchung gewährleistet, da das
Auswechseln der Papierschleifen entfällt. Die Beobachtung
erfolgt mit einem Hornhautmikroskop; geprüft wird am

voll auskorrigierten Auge. Der Untersuchungsabstand bleibt bis zu einer Sehschärfe von $1/32$ gleich, ebenso das Reizfeld mit $3^{\circ}20'$, wie bei SACHSENWEGGER (s.S. 48), tauchen im Reizfeld plötzlich große Fixationsmarken auf, die bestätigt werden müssen.

2. SHIBLINSKAY (90) wendet die Methode nach GÜNTHER-NICOLAI in einer Untersuchungsentfernung von 3,20 m an; dadurch ist das DONDERS'sche Prinzip besser gewahrt. Objektiv und subjektiv ermittelte Werte stimmen bei Normalpersonen in rund 80% der Fälle überein, bei Refraktionsanomalien in 93 - 100%; bei Glaukomen und Cataracten liegt die gefundene Sehschärfe in 20 - 30% zu hoch. Bei Simulationsverdacht wurde in 86,2% eine höhere Sehschärfe als von den Untersuchten angegeben, gefunden.
3. LEWINSKI (45) arbeitete mit einem verbesserten Apparat nach NICOLAI. Bei 6,1% der Fälle war der objektive Visus besser als der subjektive, in 9,3% (einschließlich Versager) umgekehrt. Änderung des Untersuchungsabstandes erweitert den Visusbereich über 0,5, wobei allerdings eine große Streuung auftritt. - LEWINSKI setzt eine bestimmte Spaltbreite zum Auflösungsvermögen des Auges in Beziehung.
4. LEWKONIA (46) benutzt schwarze Punkte auf einem weißen Drehzylinder, um OKN auszulösen. Zwischen Patient und Drehtrommel (Untersuchungsabstand: 1 m) steht eine Blende, die Schlitze in Höhe der Punktreihen auf dem Drehzylinder hat. Nach Öffnen einzelner Schlitze sieht der Patient die jeweilige sich bewegende Punktreihe. Die kleinste Punktgröße, die noch OKN auslöst, ist ein Maß für die Sehschärfe.
5. VIASOVSAIJ (100) projiziert einen Film mit vertikalen Streifen als Prüfzeichen (entsprechend Visuswerten von 0,3; 0,06; 0,12; 0,17; 0,25; 0,33; 0,50; 0,75 und 1,0) auf eine Mattscheibe, die der Patient von der anderen Seite aus einer Entfernung von 2 m betrachtet. Alle 15 sec wird die Mattscheibe mit blaßgrünem oder roten

Licht beleuchtet, so daß eine Farbprüfung vorgetäuscht wird; außerdem wird die Aufmerksamkeit gebunden. Die Augenbewegungen werden mit einem Fernrohr (mit Fadenkreuz zur Orientierung) mit einer Vergrößerung von 7 - 8fach beobachtet, ohne daß der Patient dies merkt; Untersucher und Projektionsgerät stehen hinter einem Schirm. Das Fernrohr gewährleistet auch eine Kontrolle der Blickrichtung. - Zunächst werden kleine Sehzeichen dargeboten, bis der Nystagmus einsetzt, dann wird die Bewegungsrichtung des Filmes mehrfach gewechselt. Bei entsprechender Nystagmusumkehr hat der Patient das Sehzeichen erkannt. Die Sehschärfe läßt sich so "recht genau" bestimmen.

6. ROCHELS (78) baut auf dem GÜNTHERschen Prinzip auf: Die verschiedenen Schachbrettmuster auf der Trommel erscheinen in verschiedenen Fenstern, so daß das Auswechseln der Papierschleifen unterbleibt und die Trommel nicht wie bei NICOLAI verschoben werden muß. - Die Ergebnisse gleichen denen GÜNTHERs, allerdings fällt mit zunehmender Prüferentfernung die objektiv ermittelte Sehschärfe unter die subjektive.

IV. WEITERE MODIFIKATIONEN

der Geräte von OHM-v.ROMBERG, GOLDMANN und GÜNTHER sowie weitere Möglichkeiten zur Sehschärfenbestimmung beschrieben

1. LONG, MATTHAUS und LANG, YAMAYI und Mitarbeiter.
2. LEHNERT und HENTSCH (43) dokumentieren die Ergebnisse mittels Elektronystagmographie; Augenbewegungen sind bis zu einer Minimalamplitude von $0,7^{\circ}$ erfaßbar. Der Vorteil dieser Ergänzung besteht in der Dokumentationsmöglichkeit, in einem "aussagekräftigen Protokoll" in Schwellennähe.
3. SACHSENWEGER (83) benutzt den rotatorischen Nystagmus zur objektiven Sehschärfenbestimmung.

4. MIS entwickelte ein Gerät zur Erzeugung des CAN, das auf einen Augenspiegel aufgesetzt wird; damit ist die Reizung einzelner Netzhautareale möglich.

KOTOWSKI (39) berichtet über einen Augenspiegel, mit dem ein bewegtes Schachbrettmuster auf die Netzhaut projiziert und der eintretende Nystagmus beobachtet werden kann.

5. SCHREIBELMEYER (89) stellt durch Messung der Beschleunigung des Augapfels in der schnellen Nystagmusphase bei sich kontinuierlich änderndem Reizmuster einen Zusammenhang zwischen der mathematischen Abhängigkeit des Aperturwinkels und der Resonanzamplitude fest (bei vollem Visus). - Bei zunehmender Visusverschlechterung fällt die Amplitude auf einen konstanten Wert. "Durch einen Vergleich von mathematischer Kurve entsprechender Rastergrößen und der zugehörigen Meßkurven, beide in Abhängigkeit von der Reizmusterentfernung, ist eine Bestimmung des Winkels möglich, bei dem eben noch ein Nystagmus auflösbar ist. Durch eine entsprechende Umrechnung dieses Reiz-Aperturwinkels ist eine Identifizierung der Visusgrade möglich."
6. WAGNER (104) erzeugt einen bedingten Reflex: Bei bestimmten Optotypen wird dem Patienten ein geringer elektrischer Schlag versetzt, der einen minimalen Schweißausbruch erzeugt und als galvanischer Hautreflex (Änderung des Lautwiderstandes durch Schweiß) gemessen wird. - Nach Konditionierung erfolgt an einer WEATSTONEschen Brücke eine Anzeige bei Erkennen des betreffenden Sehzeichens, keine Anzeige bei Nichterkennen (weil hierbei kein konditionierter Schweißausbruch eintritt).
7. VOIPIO (103) kombiniert die Methoden OHMS und GOLDMANNs. GOLDMANNs Prinzip: Auf einen Schirm wird ein Film projiziert; 20 schwarze Zähne mit weißen Zwischenräumen laufen in 10 sec horizontal über den Schirm ($15 - 18^\circ$ Horizontalbewegung des Films). Prüferentfernung: 4,5 m. Die Umgebung (Umfeld) bewirkt bei Nichterkennen des

Musters ein Verschwinden des Bandes, es wird nicht aufgelöst und kein OKN induziert.

OHMs Prinzip: Es können auch stillstehende Bilder projiziert werden (horizontale schwarze und weiße Streifen verschiedener Musterbreite mit grauer Umgebung), sie werden in das laufende Zahnband eingeblendet und hemmen den OKN. Als Maß für die Sehschärfe wird dasjenige Band angenommen, dessen eben noch erkannter feinsten Streifenabstand den Nystagmus hemmt.

Der Korrelationskoeffizient zwischen subjektiv und objektiv nach VOIPIO bestimmten Sehschärfe beträgt
 $r = +0,92$.

8. WOLLIN und DILLMANN (108) kombinieren die Methode OHMs mit der VOIPIOs. Die vertikalen Streifen der Nystagmustrommel sind in der Mitte durch ein horizontales schwarzes Band geteilt. Auf dieses Band wird eine Fixationsmarke in unterschiedlichen Größen projiziert. Der OKN wird elektronystagmographisch registriert. Es wird eine "gute Übereinstimmung" mit der SNELLEN-Sehschärfe angegeben; bei geringem Visus waren die objektiv bestimmten Sehschärfenwerte besser.

Bei diesen Versuchen spielt nicht zuletzt der Unterschied zwischen statischer und dynamischer Sehschärfe (s.S. 6) eine Rolle: Bei der subjektiven Sehschärfenbestimmung wird mit stillstehenden Optotypen geprüft, bei der objektiven Bestimmung wird mit beweglichem Umfeld oder sich bewegendem Testobjekt geprüft.

Es gibt also drei grundlegende Methoden der objektiven Sehschärfenbestimmung auf der Grundlage des OKN:

1. Methode nach OHM-v.ROMBERG

Hemmung eines künstlich induzierten OKN als Maß für die Sehschärfe. Gemessen werden Kontrastminima (Minimum visibile), die eine sehr hohe Korrelation ($r = +0,95$) zur Sehschärfe (Minimum separabile) aufweisen.

2. Methode nach GOLDMANN

Einsetzen eines optokinetischen Pendelnystagmus bei bestimmter Entfernung des Patienten vom Testobjekt (nach Überschreiten des Minimum separabile) als Maß für die Sehschärfe.

3. Methode nach GÜNTHER

"GÜNTHER benutzt durch ein fortlaufendes Testobjekt direkt ausgelöste Augenbewegungen" (GÜNTHER und GÜNTHER, 26); OKN-Auslösung bei einer bestimmten Winkelgröße, unter der das Schachbrettmuster der Drehschleife erscheint und die der Sehschärfe entspricht.

V. AUFMERKSAMKEIT

Die Aufmerksamkeit stellt den wesentlichsten psychologischen Faktor bei der objektiven Sehschärfenbestimmung auf der Grundlage des OKN dar. - Aufmerksamkeit ist ein bestimmender Faktor der Wahrnehmung.

1. Formale Wahrnehmungsgesetze sind (WIECK, VALENTIN, SPECHT):

a. Selektivität

Von einem Wahrnehmungsangebot werden immer nur bestimmte Teile wahrgenommen.

b. Strukturierung

Tendenz, Dinge sinnvoll wahrzunehmen, zu erleben oder zu gestalten, selbst wenn sie noch nicht deutlich wahrgenommen werden (z.B. bei tachistoskopischer Darstellung). Entscheidend sind Gestaltfaktoren der Gleichheit, Zusammengehörigkeit, Nähe, des Kontrastes, der "guten Gestalt" usw. - Je mehr der Hintergrund strukturiert ist, desto eher verschmelzen Figur und Hintergrund, je unstrukturierter der Hintergrund ist, desto besser hebt sich ein geringer Kontrast ab, d.h.

- Unregelmäßigkeiten im Rundhorizont nach v.ROMBERG können den OKN beeinflussen, bei anderen Methoden mit kleinerem Testfeld sogar vorzeitig hemmen bzw. auslösen;

- bei höheren Umfeldleuchtdichten (Hintergrund ist strukturierter) wird das Schachbrett bei OHM-v.ROMBERG später erkannt.

c. Akzentuierung (Prägnanz)

Ein bestimmter Teil im Rahmen eines gesamten Feldes wird betont, z.B. das eingblendete Schachbrettmuster am Gerät nach OHM-v.ROMBERG.

d. Fixation, Dingkonstanz

Fixation heißt in der Psychologie, daß eine Tendenz zur Beibehaltung alter Erfahrungen besteht. - Dingkonstanz ist das Festhalten von Wahrnehmungen, obwohl die Empfindungen, die von den Dingen kommen, laufend wechseln. Zur Dingkonstanz gehören auch Größen-, Form- und Farbkonstanz; sie bietet den psychologischen Ansatz zur Erklärung der Nachbilder und macht auch die Nystagmuswiederauslösung bei Helligkeitsreduktion des Schachbrettmusters in den unten beschriebenen Untersuchungen unsicherer als die Nystagmus-hemmung (größere Standardabweichungen).

2. Aufmerksamkeitsweckung, Erwartungsreaktion

Die Erwartungsreaktion ist die "innere Vorbereitung" und Ausrichtung des Individuums, aus einer großen Zahl von Reizen eine Auswahl zu treffen, um einen bestimmten Reiz besser wahrnehmen zu können. - Die auf das Erscheinen des Schachbrettmusters gerichtete Erwartungsreaktion muß bei den objektiven Sehschärfenbestimmungen berücksichtigt werden: Die am Anfang der Untersuchungen bestimmten Werte lagen regelmäßig zu hoch, pendelten sich aber (nach einigen Einzelbestimmungen) auf ein konstantes Niveau ein. Deshalb wurden bei allen Patienten "Vorversuche" gemacht, bis ein konstantes Wertenniveau erreicht wurde; für das zweite Patientenaugen entfiel diese "Eingewöhnung". Die Anzahl der Vorversuche (und damit die Zeit bis zur Ausbildung der Erwartungsreaktion) richtete sich nach Aufmerksamkeitslage und in gewisser Weise auch nach der Intelligenz des Untersuchten.

3. Willkürliche und unwillkürliche Aufmerksamkeit

a. Spontane, unwillkürliche Aufmerksamkeit

ist gekennzeichnet durch Zwangsläufigkeit, unvermittelte, totale Hinwendung auf ein Objekt, schlagartiges Abdrängen

der bisherigen Bewußtseinsinhalte; Auslösung durch jeden ungewohnten, fremden Sinneseindruck, aber auch durch Vorstellungen usw. - Unter den Methoden der objektiven Sehschärfenbestimmung scheint gerade der große, das gesamte Gesichtsfeld des Patienten ausfüllende Rundhorizont nach v.ROMBERG am besten geeignet, diese Art der Aufmerksamkeit zu erregen.

b. willkürliche Aufmerksamkeit

entspricht weitgehend der Konzentration, wenn man Faktoren wie Selektivität der Wahrnehmung, Dauer der Zuwendung, Grad der Aktiviertheit u.a. mit einbezieht. - Die Konzentration auf das Erscheinen des Schachbrettmusters bei der Sehschärfenbestimmung nach OHM-v.ROMBERG kann den OKN stören und evtl. zu zu früher Nystagmushemmung führen. (DELAY, PICHOT, 15; ROHRACHER, 80; WIECK, VALENTIN, SPECHT, 106).

4. Fluktuation der Aufmerksamkeit

Bei der schwelennahen Wahrnehmung von Reizen gibt es Unterschiede in der individuellen, subjektiven Intensität der Wahrnehmung. Fluktuationen der visuellen Wahrnehmung haben einen von individuellen Faktoren abhängigen Rhythmus, der aber individuell konstant ist. Je nach Versuchsbedingungen findet man Perioden von 30, 14 (ROHRACHER, 80) oder im Durchschnitt 5 sec (DELAY, PICHOT, 15). - ANTONIADIS gibt für eine Einzeluntersuchung (nur OKN-Hemmung) eine Dauer von 2 - 4 sec an; ANTONIADIS, 1.

Aufeinanderfolgende Untersuchungen weichen etwas voneinander ab, bedingt durch Aufmerksamkeitsschwankungen - es müssen mehrfachbestimmungen bei den objektiven Sehschärfenbestimmungen durchgeführt werden, aus denen dann der Mittelwert gebildet wird, s.u.

5. Determinanten der Aufmerksamkeit

a. Umgebung

Aufmerksamkeitsanziehende und -erhaltende Faktoren sind relative Größe, Position, Kontrast, Bewegung, Intensität, Form, Farbe, Dauer und Wiederholung (Monotonie) sowie Erkennbarkeit und Verständlichkeit.

Die Sehschärfenbestimmung nach OHM-v.ROMBERG erfüllt die Bedingungen der Aufmerksamkeitsweckung und -erhaltung dank des großen optokinetischen Reizfeldes und starken opto-kinetischen Reizes besonders gut; der "zwingende" OKN wird außerdem durch das große Schachbrettmuster abrupt gehemmt.

b. Vigilanzphänomen

Das Aufrechterhalten eines gewissen Aufmerksamkeitsniveaus in Erwartung eines unwahrscheinlichen Ereignisses ist nur für ca. 20 min möglich, danach stellen sich Fehler durch Nachlassen der Aufmerksamkeit ein. - Entsprechendes ließ sich auch bei den Untersuchungen am OHM-v.ROMBERG'schen Gerät feststellen: Nach einer gewissen Zeit wurden die Werte ungenauer, d.h. die Standardabweichungen größer und die Werte verschoben sich zu niedrigerem Visus (der Patient wird also auch bei längeren Untersuchungen nicht nachteilig beurteilt).

c. Subjektive Determinanten der Aufmerksamkeit

kommen auf verschiedenen Ebenen vor (DELAY, PICHOT, 15):

- Triebfaktoren: Triebe, Bedürfnisse und Motivationen;
- Gewohnheiten: Gewohnte Dinge werden früher wahrgenommen;
- soziales Niveau: Soziale Einstellungen beeinflussen die Ausrichtung der Aufmerksamkeit.

"Positive emotionale Valenzen" mobilisieren mehr Aufmerksamkeit als negative (Wahrnehmungsabwehr: Abgelehnte oder angstausslösende Faktoren haben eine längere Wahrnehmungsspanne). - Nicht nur deshalb sollte besonders Kindern die Angst vor der Untersuchung genommen werden.

6. Anstrengung und Ermüdung

a. Anstrengung

- im motorischen Bereich tritt während der objektiven Sehschärfenbestimmung nicht auf;
- im Wahrnehmungsbereich: Ermüdung tritt auf, wenn plötzlich "große Energiemengen" (KOHRAUCHER, 80) mobilisiert werden müssen oder wenn die Aufmerksamkeit über längere Zeit aufrechterhalten werden muß. - Bei den objektiven Sehschärfenbestimmungen müssen natürlich Hausen eingelegt werden, um gesicherte Ergebnisse zu erhalten.

- im psychischen Bereich: Nach JANET (bei DELAY, PICHOT, 15) bildet die Erfassung der Realität die höchste, "motorische Entäußerungen" die niedrigste Aufmerksamkeitsstufe.

b. Ermüdung

ist die Gesamtheit von subjektiven und objektiven Phänomenen bei Menschen, die einer Summation von kleinsten Belastungen ausgesetzt sind. - Die Ermüdung bei den objektiven Sehschärfebestimmungen tritt nach etwa 15 - 25 Minuten (incl. Pausen) ein und ist individuell sehr verschieden ausgeprägt.

AUFGABENSTELLUNG

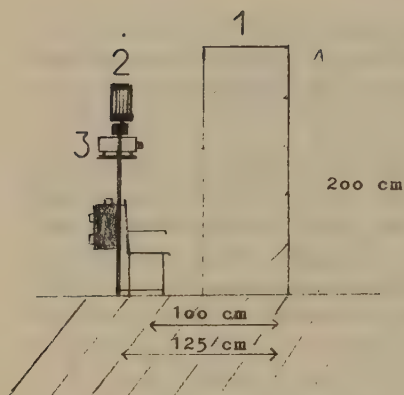
Die Apparatur (s.S. 59ff) soll im vorgegebenen klinischen Rahmen (s.S. 61ff) kalibriert und normiert werden, sowohl für augengesunde als auch für augenranke Personen. - Eine Zusammenfassung der Normierungen stellen die Abbildungen und Tabellen 3a,b und 12a,b dar.

VERSUCHSANORDNUNG

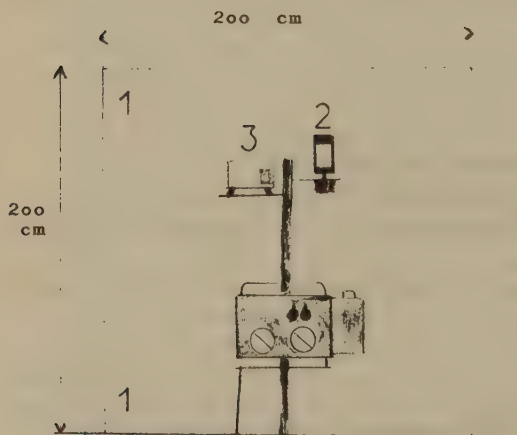
Unser Gerät nach OHM-v.ROMBERG besteht aus

1. einem vertikal stehenden, halbierten Hohlzylinder (Rundhorizont) als Projektionsfläche; Höhe: 2 m; Durchmesser: 2 m;
2. einer Drehtrommel, die um eine Glühlampe rotiert und so auf dem Rundhorizont das bewegte Streifenmuster erzeugt;
3. einem Projektionsapparat (ZEISS IKON Unimat 150 S; Objektiv ZEISS IKON Talon 1 : 2,8/5,8) zur Projektion eines Schachbrettmusters (8 x 8 Felder zu je 4,25 cm Kantenlänge; Gesamtgröße der Projektionsfläche: 34 x 34 cm), dessen Helligkeit regelbar ist.

Die Projektionsfläche des Rundhorizontes ist homogen (matt-) weiß, hat also keine sichtbaren Details und blendet nicht. - Der Patient sitzt 1 m vor dem Rundhorizont, der sein gesamtes Gesichtsfeld einnimmt. Links über dem Patienten steht der Projektor, rechts über ihm befindet sich die Drehtrommel, rechts neben ihm sitzt der Untersuchende.



Die Drehtrommel besteht aus einem Hohlzylinder, dessen Achse vom Glühfaden einer Glühlampe (OSRAM WI 9) gebildet wird. Dieser senkrecht stehende Hohlzylinder besteht aus 24 Stäben, die bei eingeschalteter Glühlampe auf dem Rundhorizont schwarze Streifen erzeugen. - Drehtrommel und Projektor sind vom Projektionshorizont 1,25 m entfernt.



Der Hohlzylinder wird von einem Elektromotor in fünf verschiedenen Geschwindigkeiten angetrieben, die Streifen bewegen sich entsprechend schnell auf dem Rundhorizont von links nach rechts oder umgekehrt.

Die Helligkeit der Glühlampe und damit die Helligkeit der Reizfeldstreifen auf dem Schirm ist in fünf Stufen einstellbar.

Es wurde bei den beiden größten Streifenhelligkeiten (Umfeldhelligkeiten, 0H) untersucht; sie entsprechen 220 Lux (0H 10) bzw. 420 Lux (0H 12).

Mit dem Projektor wird ein Schachbrettmuster in das laufende Streifenmuster (= Reizfeld) auf den Schirm projiziert. Es kann in seiner relativen Helligkeit gegenüber dem Umfeld stufenlos über einen vorgeschalteten Widerstand geregelt werden. Der Widerstand ist in 150 gleich große "Widerstandseinheiten" (WE) unterteilt. - Der WE-Wert der OKN-hemmung bzw. OKN-wiederauslösung ist das Maß der objektiven Sehschärfenbestimmung; die in den Tabellen angegebenen Werte haben die Einheit "WE".

Niedrige WE-werte bedeuten geringe Schachbretthelligkeit, hohe WE-werte große Testobjekthelligkeiten und damit geringe Sehschärfe.

Widerstandseinheiten (WE)		Widerstandseinheiten (WE)	
	Beleuchtungsstärke (Lux)		Beleuchtungsstärke (Lux)
0	0	100	3,9
20	(0,02)	105	5,3
30	0,08	110	9,1
40	0,12	115	13
50	0,2	120	17,9
60	0,45	125	110
70	0,8	130	185
80	1,1	135	380
85	1,5	140	875
90	2,25	145	>2500
95	2,8		

UNTERSUCHUNGSGANG

1. SUBJEKTIVE SEHSCHARFENPRÜFUNG

Vor jedem Untersuchungsgang am OHM-v.ROMBERG'schen Gerät wurde der Visus der Versuchspersonen und Patienten subjektiv geprüft.

1. Augengesunde Versuchspersonen

Es wurden 15 Versuchspersonen (Studenten der Universität Düsseldorf) ohne Augenkrankheiten im Alter von 22 - 28

Jahren getestet. Ihre Sehschärfe wurde mit Konvex- und Konkavlinsen herabgesetzt und die entsprechenden Visuswerte ermittelt.

Gruppe 1: Sehschärfeherabsetzung durch Linsen von
+ 15, +10, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3, -4, -5,
- 10, -15, -20 dpt.

Gruppe 2: Sehschärfeherabsetzung durch Linsen von
+ 15, +10, +8, +7, +5, +3, +1, 0, -1, -3, -5, -7, -8,
- 10, -15, -20 dpt.

Gruppe 3: Größte Gruppe; Sehschärfeherabsetzung durch Linsen, die so gewählt wurden, daß besonders Visusbereiche zwischen 0,8 und 0,05 erfaßt wurden.

Insgesamt wurden pro Versuchsperson 16 Visuswerte ermittelt.

2. Patienten

Gruppe 1: Es wurden 195 Patienten aus der Ambulanz und von den Stationen der Universitätsaugenklinik Düsseldorf untersucht; sie wurden in einzelne Gruppen - je nach vorliegenden Krankheiten - aufgeteilt. - Der Visus wurde monocular mit und ohne Korrektur ermittelt. Gesunde Augen wurden in ihrer Sehschärfe durch Konvex- oder Konkavlinsen herabgesetzt, um einen Vergleich mit der Versuchspersonengruppe zu ermöglichen.

Gruppe 2: Aus Ambulanz, Sehschule und von den Stationen der Augenklinik wurden 20 amblyope Patienten untersucht, 17 Patienten waren monocular, 3 binocular amblyop; sie wurden nach Möglichkeit nach der Sehschärfebestimmung am OHM-v.ROMBERG'schen Gerät noch einmal subjektiv untersucht. - In dem Fall, daß die Patienten noch keine Zahlenoptotypen lesen konnten, wurden die in der Sehschule mit einem Sehzeichenprojektor und Kinderbildern - analog zur Untersuchung der Erwachsenen - ermittelten Werte übernommen.

Bei den Visusprüfungen wurde als Prüfgerät ein Sehzeichenprojektor ("Rodavist" der optischen Werke G. RODENSTOCK, München) verwendet. Die Sehzeichen wurden auf eine Kunst-

stoffplatte projiziert. Prüferentfernung: 6 m. - In jedem Fall wurden Zahlen-Optotypen verwendet (unter Einschuß der Ziffern 0, 3, 6, 8 und 9). - Mit dem Sehzeichenprojektor wurden folgende Visusgruppen bestimmt:
1,2; 1,0; 0,8; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,25; 0,2; 0,15; 0,1; 0,07; 0,05; 0,033.

Kleinere Visusgruppen (1/35 und 1/50) wurden mit einer Auflichtprüftafel (Zahlenoptotypen) geprüft; Untersuchungsabstand: 1 m.

In die Visusgruppen 1,2 und 1/50 wurden auch diejenigen Visuswerte einbezogen, die größer als 1,2 bzw. kleiner als 1/50 waren (Einfluß auf die Standardabweichung bei der Visusgruppe 1/50 s.u.).

II. UNTERSUCHUNG AM OHM-v.ROMBERGSCHEN GERÄT

Die Untersuchung fand im verdunkelten Raum statt, ihr war eine 5 - 10minütige Dunkeladaptation vorausgegangen. Die Augen der Versuchspersonen wurden einzeln mit verschiedenen Sehschärfeherabsetzenden Linsen (s.S. 62) geprüft, die der Patienten ebenfalls monocular mit und ohne Brillenkorrektur.

Die Korrektur bzw. Sehschärfeherabsetzung erfolgte mit Linsen aus einem Probierbrillenkasten; die Brillen der Patienten wurden nicht benutzt, um 1. gleiche Bedingungen bei Patienten und Versuchspersonen herzustellen (Gesichtsfeld) und 2. gesunde Patientenaugen in ihrer Sehschärfe herabsetzen zu können.

Es wurde bei 2 verschiedenen Umfeldhelligkeiten (UH 10 und UH 12) geprüft, das Reizmuster bewegte sich von links nach rechts. Bei einer mittleren Streifengeschwindigkeit von 72°/sec entsteht also ein linksschlägiger horizontaler Rucknystagmus, der infolge der hohen Umfeldhelligkeiten ohne zusätzliche Hilfsmittel beobachtet werden konnte.

In Augenhöhe des Patienten wird das Schachbrettmuster einblendet. Bei einer bestimmten Schachbretthelligkeit, die einem bestimmten WE-Wert entspricht, wird der durch das Reizmuster induzierte OKN gehemmt, das Schachbrett-

muster wird vom Patienten fixiert. Reduktion der Schachbretthelligkeit läßt den OKN bei einem anderen, niedrigeren WE-Wert wiederentstehen. - OKN-hemmung und -wiederauslösung werden als Maß der objektiven Sehschärfe ermittelt; die Helligkeitsreduktion des Schachbrettmusters erfolgt jeweils relativ schnell vom WE-Wert der OKN-hemmung aus, so daß pro Untersuchungsgang zwei Werte bestimmt werden.

Bei den Versuchspersonen wurden mindestens Dreifach-, bei den Patienten mindestens Vierfachbestimmungen durchgeführt. - Aus den Einzelwerten wurden Mittelwerte gebildet und die entsprechenden Standardabweichungen berechnet; sie sind ein Maß für die Schwankung dieser Einzelbestimmungen. Die Mittelwerte wurden in den jeweiligen Visusgruppen zusammengefaßt, die Resultate sind in den Tabellen 1 - 12 angegeben; die dabei berechneten Standardabweichungen beschreiben die Streuung der aus diesen Einzelmessungen ermittelten Mittelwerte.

Bei allen Patienten und Versuchspersonen mußten "Vorversuche" gemacht werden, bis sich die ermittelten Einzelbestimmungen auf ein konstantes Niveau einstellten, s.S. 56, Erwartungsreaktion.

Um Aufmerksamkeitsschwankungen möglichst auszuschalten, wurden je nach individueller Ermüdung des untersuchten Pausen eingelegt. - Versuchspersonen und Patienten waren über den Zweck der Untersuchung nicht informiert.

III. UNTERSUCHTE PATIENTEN

Außer der Gruppe der augengesunden Versuchspersonen und (schiel-) amblyopen Patienten (s.S. 126) wurden folgende Patientengruppen untersucht; sie sind nach steigendem Durchschnittsalter angeordnet:

1. Patienten mit Hornhaut- und Glaskörperveränderungen;
Abk.: HH/GK; Durchschnittsalter: $42,56 \pm 21,5$ Jahre;
Anzahl untersuchter Augen: 42. - Es kommen vor allem Trübungen dieser Medien in verschiedener Form und mit verschiedener Ätiologie vor, daneben auch andere Krankheiten, z.B. Glaskörperblutungen.
2. Patienten mit verschiedenen Augenkrankheiten;

Abk.: Vers.; Durchschnittsalter: $45,60 \pm 15,6$ Jahre; Anzahl untersuchter Augen: 32. - Patienten, die sich nicht in andere Gruppen einordnen ließen, z.B. Verletzungen und Prellungen mit Beteiligung vieler Augenabschnitte, Kalkverätzungen usw.

3. Patienten mit Erkrankungen der Netzhaut;

Abk.: Ret.; Durchschnittsalter: $52,19 \pm 17,2$ Jahre; Anzahl untersuchter Augen: 107. - Juvenile und senile Maculadegenerationen (Hauptgruppe), Gefäßverschlüsse mit entsprechenden Gesichtsfeldausfällen (Zentralarterienembolien, Zentralvenenthrombosen, Gefäßastverschlüsse, Präthrombose), periphere Retinaerkrankungen (Chorioretinitis juxtapapillaris JENSEN u.a.), Netzhautlöcher/-risse und Amotio retinae.

4. Patienten mit Refraktionsanomalien;

Abk.: Ref.; Durchschnittsalter: $52,42 \pm 16,5$ Jahre; Anzahl untersuchter Augen: 33. - Myopie, Hyperopie und Astigmatismus; z.T. in Kombination mit anderen Augenkrankheiten.

5. Patienten mit (langjährigem) Diabetes mellitus;

Abk.: Dia.; Durchschnittsalter: $55,17 \pm 17,2$ Jahre; Anzahl untersuchter Augen: 46.

6. Patienten mit früher diagnostizierter Amblyopie, die inzwischen von einer weiteren Krankheit am gleichen Auge "überlagert" ist; die Patienten sind wegen dieser Krankheit in Behandlung; Vergleich zu den "echten" Amblyopien. - Abk.: Ambly I.; Durchschnittsalter: $60,80 \pm 10,7$ Jahre; Anzahl untersuchter Augen: 10.

7. Patienten mit Glaukom;

Abk.: Glau.; Durchschnittsalter: $52,51 \pm 12,5$ Jahre; Anzahl untersuchter Augen: 79. - Die glaukombedingten Gesichtsfeldausfälle bewegen sich zwischen leicht vergrößertem blinden Fleck bzw. entsprechenden Stadien und BJERRUM-Skotom mit nasalem Sprung.

8. Patienten mit Cataract;

Abk.: Cat.; Durchschnittsalter: $62,87 \pm 12,3$ Jahre; Anzahl untersuchter Augen: 116. - Im Vordergrund stehen senile Cataracte in allen Formen und Entwicklungsstadien; daneben auch erworbene Stare (Cat. complicata; diabetica, myotonica).

lfd. Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Patienten mit Hornhaut- und Glaskörper- veränderungen	verschiedenen Augenkrank- heiten	Netzhaut- erkrankungen	refraktions- anomalien	Diabetes mellitus	Amblyopie und Zweitkrankheit	Glaukom	Cataract
31	m	38		x						
32	w	48		x						
33	m	51			xx					xx
34	m	53							xx	xx
35	m	70		xx						xx
36	m	71								xx
37	w	72					xx			xx
38	m	61			x		xx			xx
39	w	64					xx	x		xx
40	w	70			xx					
41	m	74	xx		xx					
42	w	67							xx	
43	m	56					xx			
44	w	70								xx
45	m	60			xx	xx				
46	m	38		xx						
47	m	70							xx	xx
48	w	53							xx	
49	w	61			x	xx			xx	xx
50	w	73			xx		xx			xx
51	m	65			xx					
52	w	30					xx			
53	w	56				xx				xx
54	w	30					xx			xx
55	m	33		xx						
56	w	51				xx				
57	m	20	x							x
58	w	70			xx					
59	w	79					xx			xx
60	w	67								xx
61	w	77							xx	
62	w	77			xx					
63	w	79					xx			x
64	w	80			xx				x	xx
65	w	42					xx			
66	m	60							x	x
67	m	68			x			x		
68	m	56					xx			
69	m	50			xx					
70	w	69				xx			xx	
71	m	35					xx			
72	m	47			xx			xx		
73	m	45							xx	
74	m	78			x				x	xx
75	m	45								xx
76	m	50								xx
77	m	37					xx			
78	w	65				xx				xx
79	w	69					xx	x		
80	w	69							xx	

lfd. nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Patienten mit Hornhaut- und Glaskörper- veränderungen verschiedenen Augenkrank- heiten	Netzhaut- erkrankungen	Refraktions- anomalien	Diabetes mellitus	Amblyopie und Zweitkrankheit	Glaukom	Cataract
81	m	51					xx	xx	
82	w	45	x	xx					xx
83	m	67			xx				xx
84	m	68		x					x
85	m	63	xx						xx
86	w	55							xx
87	m	48		x					
88	m	76						xx	
89	m	73						xx	
90	w	75						x	x
91	w	74						xx	xx
92	w	39							xx
93	w	65				xx			
94	m	46						x	
95	m	23	x						
96	m	47		xx					
97	m	25		xx					
98	w	63				xx			xx
99	w	67		xx				xx	
100	w	73						xx	
101	m	55						xx	
102	w	68				xx			
103	m	55		xx					xx
104	w	65				xx	x		
105	w	72						xx	xx
106	w	55							xx
107	w	31				xx			
108	m	46	xx						
109	w	16	xx						
110	w	51							xx
111	w	64	x	x					
112	m	68							xx
113	m	79	x		xx				x
114	w	63						xx	x
115	m	39		xx		xx			
116	w	76		x				xx	
117	w	60		xx					
118	m	34	x	x					
119	w	52		x					
120	w	52						xx	
121	m	53							x
122	m	64		xx					
123	m	50		xx				xx	
124	m	68						xx	xx
125	m	57							
126	m	46	xx						xx
127	w	60	xx	xx				xx	
128	w	75		x					
129	w	70							
130	w	80				x		xx	xx

lfd. Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Patienten mit Hornhaut- und Glaskörper- veränderungen verschiedenen Augenkrank- heiten	Netzhaut- erkrankungen	Refraktions- anomalien	Diabetes mellitus	Amblyopie und Zweitkrankheit	Glaukom	Cataract
131	m	53	xx						
132	w	67		x	x			xx	
133	w	36		xx					
134	m	16	xx						
135	m	27		xx					
136	m	67							xx
137	m	75		x	x		x		xx
138	w	38		x					
139	m	33	xx						
140	w	26	xx						
141	w	79						xx	
142	m	68		xx					xx
143	w	71							xx
144	w	49		xx					
145	m	32						xx	
146	m	61						x	
147	m	67						xx	
148	m	39						xx	
149	m	60		x					x
150	w	19		x					
151	m	72	xx						
152	m	28	x						
153	m	71					x		x
154	w	00							x
155	w	76							xx
156	m	30		x					
157	m	61			xx				
158	w	29		x	x				
159	w	63	xx		xx				
160	w	56							xx
161	m	67		xx					
162	w	35		xx	xx				
163	w	25	xx						
164	m	43		xx					
165	m	72		xx					
166	w	54						x	x
167	w	37	x	x					
168	m	51							x
169	w	60						xx	
170	w	69						xx	
171	m	40		x					
172	w	65							x
173	m	24		xx					
174	w	62		xx					
175	m	19		x					
176	w	68		x					
177	w	67	x	x					
178	m	46						xx	
179	m	19		xx					
180	w	69							xx

lfd. Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Patienten mit Hornhaut- und Glaskörper- veränderungen	verschiedenen Augenkrank- heiten	Netzhaut- erkrankungen	Refraktions- anomalien	Diabetes mellitus	Amblyopie und Zweitkrankheit	Glaukom	Cataract
181	m	12	xx							
182	m	36			x					
183	w	70								xx
184	m	25		xx						
185	m	13	xx							
186	m	26			x					
187	w	26			x					
188	w	76			xx					
189	w	60							xx	
190	w	74			xx				x	
191	w	66							xx	
192	w	36			xx					
193	w	47		xx					xx	
194	w	39				xx				
195	m	46							x	x
Augenzahl			42	32	107	33	46	10	79	116

ERGEBNISSE

I. NYSTAGMUS

Bei fast allen Untersuchten ließ sich ein OKN auslösen (Ausnahme: Patient mit Retinitis pigmentosa, s.u.; Cataracta matura), und zwar bis zu einem Visus unter 1/50. Der Grund dafür liegt in einem starken optokinetischen Reiz: Großes Reizfeld, das das gesamte Blickfeld des Patienten ausfüllt und sehr homogen ist, sowie hohe Umfeldleuchtdichte und relativ hohe Reizfeldgeschwindigkeit.

Der induzierte OKN war in der überwiegenden Zahl der Fälle grobschlägig und mittelfrequent, er unterschied sich bei hohen und niedrigen Visuswerten:

Hohe Sehschärfe geht mit regelmäßigem OKN mit großer Frequenz und Amplitude einher; bei niedrigen Sehschärfenwerten wird der OKN unregelmäßiger, kleinschlägiger und etwas niedrigerfrequent, so daß die Streuung der Ergebnisse wächst und die Beobachtung erschwert wird.

Vor der Nystagmushemmung werden Frequenz und Amplitude des OKN kleiner, um in den meisten Fällen mit einem starken Ruck aufzuhören. Die OKN-wiederauslösung kann durch einzelne Rucke (bei in Schwellennähe stehendem Schachbrettmuster) in ihrer Bestimmung unsicherer werden, s. ENG, S. 125, Als Kriterium für die OKN-wiederauslösung wurde das Erscheinen von regelmäßigen Nystagmusrucken benutzt, Einzelrucke wurden nicht berücksichtigt. Diese Einzelzuckungen waren oft in ihrer Amplitude kleiner als die regelmäßigen OKN-rucke. Die Wiederauslösung des OKN ist individuell verschieden (bei gleichem Visus), sie hängt u.a. davon ab, mit welcher Schnelligkeit die Schachbretthelligkeit wieder verringert wird. Läßt man das Schachbrettmuster einige Zeit beim Widerstandseinheiten- (WE-) Wert der OKN-hemmung (Schwelle) stehen, setzt der OKN mit Einzelrucken oder Gruppen von Rucken wieder ein, um aber immer wieder gehemmt zu werden. - Eine kontinuierliche und relativ schnelle Helligkeitsregelung liefert reproduzierbare Ergebnisse. Bei der OKN-wiederauslösung spielen vor allem die individuell sehr verschieden lange andauernden Nachbilder eine Rolle (s.S. 56, Dingkonstanz). Die Bestimmung des WE-wertes für die OKN-wiederauslösung muß als Ergänzung zur Bestimmung der OKN-hemmung angesehen werden. Sie kann eine Aussage darüber machen, ob der mit der OKN-hemmung bestimmte Visus zu höheren oder niedrigeren Sehschärfenwerten tendiert. Da der Aufwand für diese Zusatzuntersuchung nicht allzu hoch ist und die Bestimmung der OKN-wiederauslösung sich in vertretbaren Fehlergrenzen hält (s.S. 124, Standardabweichungen), sollte die OKN-wiederauslösung immer mitbestimmt werden.

II. UMFELDBELLIGKEITEN

Durch eine Erhöhung der Umfeldleuchtdichten wird eine Parallelverschiebung der Kurven der OKN-hemmung und OKN-wiederauslösung

erreicht. Je heller das Umfeld wird, desto weiter rücken die Kurven auf der WE-Skala (Abszisse in den graph. Darstellungen) nach rechts, d.h. die Schachbretthelligkeit muß zur OKN-hemmung größer werden; OKN-wiederauslösung erfolgt ebenso bei höheren Schachbretthelligkeiten (WE-Werten).

Die Größe der Parallelverschiebung ist in den einzelnen Patientengruppen unterschiedlich, sie beträgt im Patientendurchschnitt (Tab. 12, Abb. 12a,b) 4,90 WE, bei Nystagmushemmung 4,61 WE und bei Nystagmuswiederauslösung 5,18 WE. Im Gesamtdurchschnitt (unter Berücksichtigung der Versuchspersonenzusammenfassung, Tab. 3, Abb. 3a,b) beträgt die Parallelverschiebung 4,61 WE, sie ist am niedrigsten bei den augengesunden Versuchspersonen, am höchsten bei Glaukompatienten.

Bei höheren Umfeldhelligkeiten (größerer optokinetischer Reiz bei UH 12) ist die Differenz zwischen den Kurven der OKN-hemmung und der OKN-wiederauslösung (ihr Abstand in den graph. Darstellungen) etwas geringer als bei niedrigeren Umfeldhelligkeiten, der OKN setzt im statistischen Mittel relativ etwas früher wieder ein (0,7 WE bei UH 10 und UH 12).

Die folgende Tabelle zeigt, um wieviel WE die Schachbretthelligkeit bei UH 12 gegenüber UH 10 gesteigert werden muß; angegeben sind die Differenzen zwischen UH 12 und UH 10 für die Kurven der OKN-hemmung und OKN-wiederauslösung (Einheit: WE):

Parallelverschiebung der Kurven von OKN-hemmung und OKN-wiederauslösung: UH 12 - UH 10

Patientengruppe	OKN-hemmung	OKN-wiederauslösung
Augengesunde Versuchspersonen	2,26	3,02
Patienten mit		
... Hornhaut- und Glaskörperveränd.	4,55	5,58
... verschiedenen Augenkrankheiten	4,79	5,05
... Netzhauterkrankungen	4,50	4,89
... Refraktionsanomalien	4,91	5,70
... Diabetes mellitus	4,83	5,01
... Amblyopie und später dazugekommener Augenkrankheit	4,13	4,92
... Glaukom	5,10	5,85
... Cataract	4,10	4,46
Patientenzusammenfassung	4,61	5,18
Gesamtdurchschnitt	4,28	4,94

III. REIZFELDGESCHWINDIGKEIT

Die Reizfeldgeschwindigkeit betrug $72^{\circ}/\text{sec}$. LARMANDE (41; s.S. 27) gibt als Flimmergrenze einen Wert von $60 - 150^{\circ}/\text{sec}$ an, die je nach individuellen Eigenschaften des Untersuchten schwankt.

Bei 2 von 230 Untersuchten wurde diese Grenze zeitweise nach längerer optokinetischer Reizung überschritten ("weiße Wand"), nach einer kurzen Pause konnten die Untersuchungen in beiden Fällen fortgeführt werden. Beide Patienten waren in höherem Alter, beide wiesen in der Anamnese erheblichen Alkoholkonsum auf (Tabak-Alkohol-Neuritis bzw. Zerebralsklerose mit Alkoholkonsum). - Im Normalfall wurde die Flimmerverschmelzungsgrenze - auch nach längerer optokinetischer Reizung - nicht erreicht.

Größere Streifengeschwindigkeiten bedeuten höheren optokinetischen Reiz, dem sich der Patient weniger gut entziehen kann; vergrößert sich die Streifengeschwindigkeit aber zu sehr, können die Augen den Streifen nicht mehr folgen, die relative Streifengeschwindigkeit steigt (s.S. 21), bis die optokinetische Fusionsgrenze erreicht wird. - Erhöhte Reizmustergeschwindigkeiten bewirken in einem bestimmten Geschwindigkeitsbereich eine Verschiebung der Kurven von OKN-hemmung und OKN-wiederauslösung zu höheren WE-Werten, d.h. in den graph. Darstellungen (auf der Abszisse) nach rechts - ebenso wie bei erhöhten Umfeldleuchtdichten.

Größere Reizmustergeschwindigkeiten beschleunigen die Ermüdung der Patienten, besonders in längeren Untersuchungen verlängern sich die notwendigen Pausen erheblich.

IV. TABELLEN UND GRAPHISCHE DARSTELLUNGEN

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den Tabellen 1 - 12 und den Abbildungen 1a,b - 12a,b dargestellt; die jeweilige Abbildung "a" gibt die Ergebnisse bei Umfeldhelligkeit 10, die Abbildung "b" diejenigen bei UN 12 wider. Jede Darstellung enthält zwei Kurven:

- Die rechtsstehende Kurve (höhere WE-Werte) bezeichnet die OKN-hemmung durch ein heller werdendes Schachbrettmuster,

- die linksstehende Kurve (niedrigere WE-Werte) bezeichnet die OKN-wiederauslösung bei Helligkeitsreduktion des Schachbrettmusters vom Punkt der OKN-hemmung aus.

In halblogarithmischer Darstellung (Abszisse: Schachbretthelligkeit in Widerstandseinheiten (WE) für die OKN-hemmung bzw. OKN-wiederauslösung als Maß der objektiven Sehschärfe; Ordinate: Logarithmus des - subjektiv bestimmten - Visus) ergeben sich S-förmige Kurven.

Um den optokinetischen Nystagmus bei kleiner werdenden Visuswerten noch hemmen zu können, müssen zunehmend erheblich größere Helligkeiten des Schachbrettmusters aufgewendet werden; dabei entstehen zwischen den Durchschnittswerten der einzelnen Patientengruppen größere Unterschiede als in hohen Visusstufen.

Tab. 1

Ergebnisse der objektiven Sehschärfenbestimmung am Gerät nach OHM-v.ROMBERG an augengesunden Versuchspersonen, deren Sehschärfe mit Konvexlinsen herabgesetzt wurde.
Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung; Einheit: WE.

Visus	U ₁ 10	U _H 12	Diff.	U ₁ 10	U _H 12	Diff.
	OKN-hemmung	OKN-wieder- auslösung	OKN-hemmung	OKN-wieder- auslösung	OKN-wieder- auslösung	Diff.
1,2	47,53 $\pm$ 4,69	17,44 $\pm$ 3,70	30,09	48,99 $\pm$ 3,54	19,54 $\pm$ 4,32	29,45
1,0	51,15 $\pm$ 3,54	22,03 $\pm$ 4,35	28,62	55,12 $\pm$ 2,50	25,11 $\pm$ 4,41	30,01
0,8	57,02 $\pm$ 3,42	26,14 $\pm$ 6,15	31,48	59,19 $\pm$ 3,10	31,03 $\pm$ 4,12	28,16
0,6	61,51 $\pm$ 4,00	30,63 $\pm$ 5,28	30,68	62,63 $\pm$ 2,91	34,06 $\pm$ 3,10	28,57
0,5	62,10 $\pm$ 5,18	33,21 $\pm$ 6,75	28,95	65,16 $\pm$ 6,19	37,00 $\pm$ 7,36	28,16
0,4	64,80 $\pm$ 2,19	35,83 $\pm$ 1,55	28,91	68,67 $\pm$ 0,90	40,64 $\pm$ 4,47	28,03
0,3	66,34 $\pm$ 5,10	38,64 $\pm$ 5,12	27,70	72,01 $\pm$ 5,45	42,18 $\pm$ 5,20	29,83
0,25	68,93 $\pm$ 4,23	40,05 $\pm$ 2,79	28,80	72,87 $\pm$ 4,28	43,41 $\pm$ 2,23	29,46
0,2	72,32 $\pm$ 4,33	42,60 $\pm$ 6,41	29,66	74,22 $\pm$ 3,38	45,26 $\pm$ 5,87	28,96
0,15	73,72 $\pm$ 1,00	43,99 $\pm$ 3,00	29,73	74,87 $\pm$ 5,51	45,76 $\pm$ 2,69	29,11
0,1	76,93 $\pm$ 6,70	45,73 $\pm$ 4,36	31,20	76,51 $\pm$ 8,77	48,61 $\pm$ 7,61	27,90
0,07	77,33 $\pm$ 3,79	46,71 $\pm$ 3,11	30,62	77,48 $\pm$ 3,99	49,37 $\pm$ 4,97	28,11
0,05	79,07 $\pm$ 4,82	48,26 $\pm$ 3,67	31,31	80,61 $\pm$ 3,40	52,11 $\pm$ 5,00	28,50
0,033	80,57 $\pm$ 4,94	50,75 $\pm$ 5,51	29,82	83,73 $\pm$ 4,27	54,75 $\pm$ 4,08	28,98
1/35	83,68 $\pm$ 5,02	50,82 $\pm$ 7,60	26,82	86,60 $\pm$ 6,76	61,41 $\pm$ 9,16	25,19
1/50	93,33 $\pm$ 6,82	64,70 $\pm$ 9,01	28,63	96,89 $\pm$ 6,67	68,75 $\pm$ 8,52	28,14
S	4,49	4,89		3,58	5,19	

Abb. 1 a

Augengesunde Versuchspersonen
Sehschärfeherabsetzung durch
Konvexlinsen, UH 10

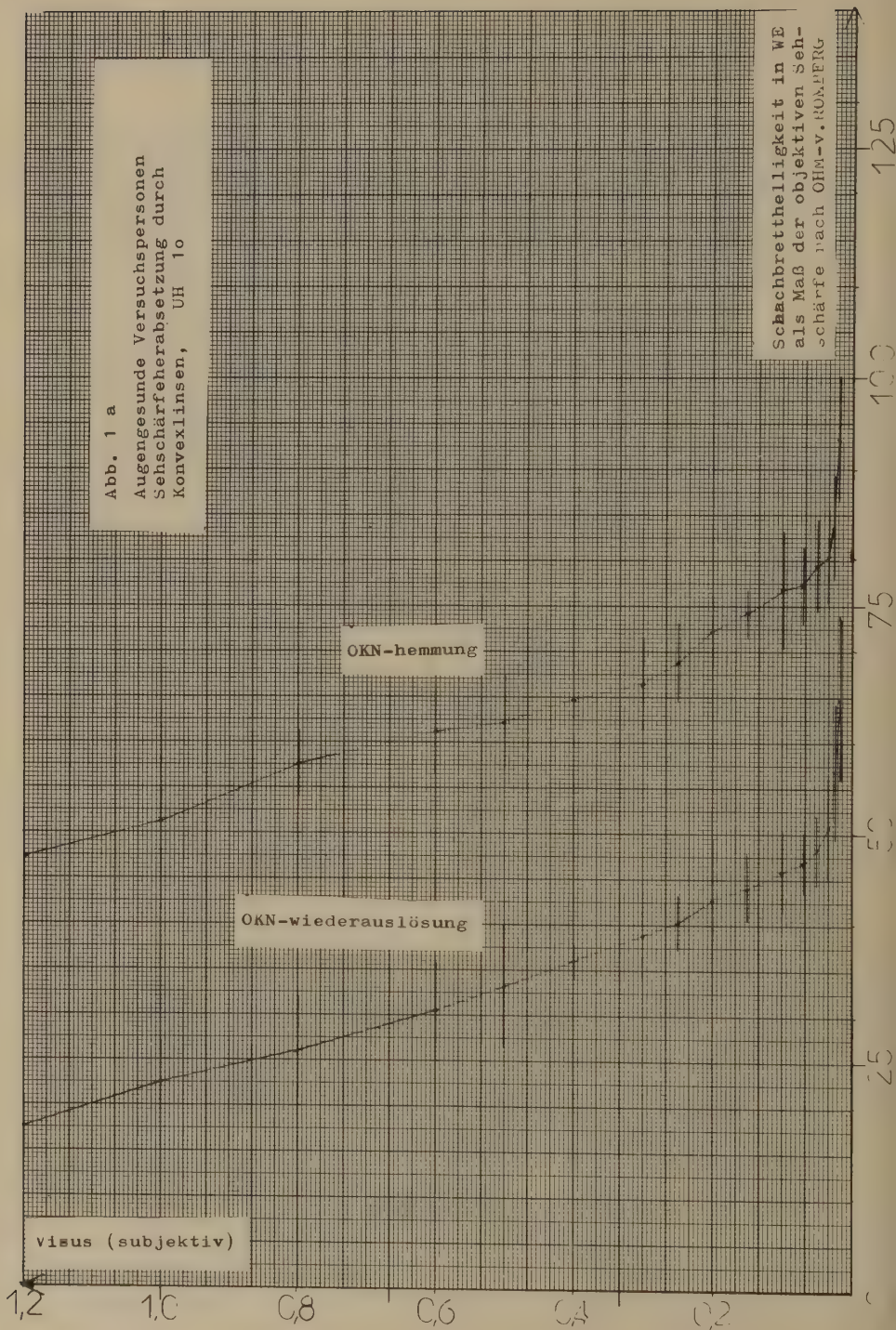


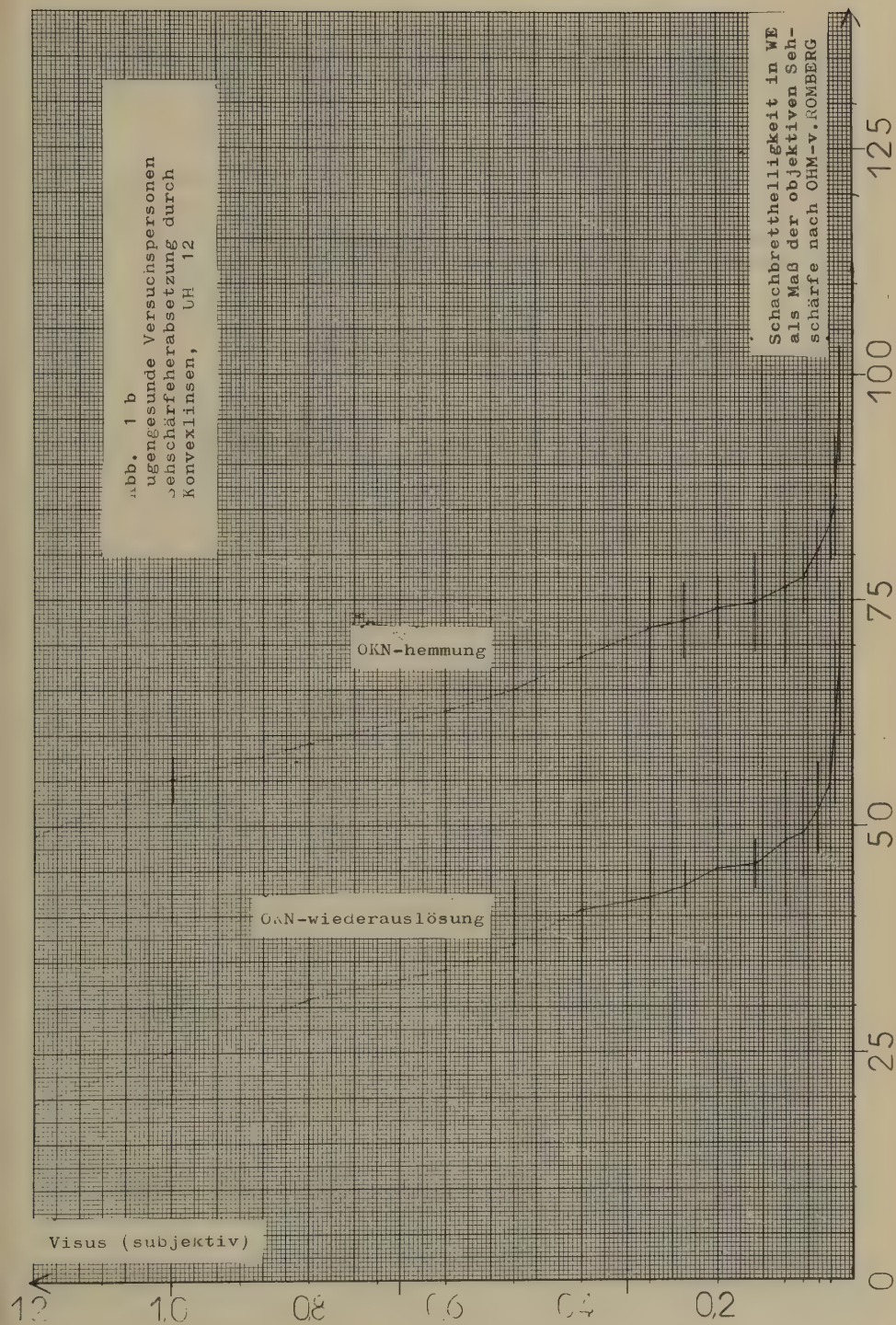
abb. 1 b
 uengesunde Versuchspersonen
 Sehschärfeherabsetzung durch
 Konvexlinsen, UH 12

Schachbretthelligkeit in WE
 als Maß der objektiven Seh-
 schärfe nach OHM-v.ROMBERG

OAKN-hemmung

OAKN-wiederauslösung

Visus (subjektiv)



Tab. 2

Ergebnisse der objektiven Sehschärfenbestimmung am Gerät nach OHM-v.ROMBERG an augengesunden Versuchspersonen, deren Sehschärfe mit konkavlinsen herabgesetzt wurde.

Mittelwerte $\pm$ Standardabweichungen; Einheit: WE.

Visus	UH 10			UH 12		
	OKN-hemmung	OKN-wieder-auslösung	Diff.	OKN-hemmung	OKN-wieder-auslösung	Diff.
1,2	49,44 $\pm$ 4,01	20,02 $\pm$ 2,75	29,42	52,54 $\pm$ 3,86	21,99 $\pm$ 2,96	30,55
1,0	54,54 $\pm$ 3,52	20,94 $\pm$ 4,62	27,60	58,64 $\pm$ 3,65	29,26 $\pm$ 4,16	29,38
0,8	59,82 $\pm$ 4,47	32,57 $\pm$ 5,51	27,25	63,52 $\pm$ 2,86	36,20 $\pm$ 4,88	27,32
0,6	64,81 $\pm$ 4,25	39,59 $\pm$ 5,13	25,22	68,37 $\pm$ 4,31	41,80 $\pm$ 5,91	26,57
0,5	68,60 $\pm$ 5,09	42,04 $\pm$ 5,76	26,56	70,49 $\pm$ 4,77	44,84 $\pm$ 4,57	25,65
0,4	70,05 $\pm$ 1,33	44,68 $\pm$ 6,55	25,97	74,08 $\pm$ 3,55	48,31 $\pm$ 2,00	25,77
0,3	72,50 $\pm$ 4,39	46,04 $\pm$ 4,99	26,52	75,80 $\pm$ 5,10	50,67 $\pm$ 6,02	25,13
0,25	74,53 $\pm$ 4,80	47,75 $\pm$ 4,33	24,78	77,76 $\pm$ 6,16	53,13 $\pm$ 5,64	24,63
0,2	76,23 $\pm$ 3,50	50,25 $\pm$ 6,13	25,98	78,86 $\pm$ 4,11	54,39 $\pm$ 3,00	24,47
0,15	77,65 $\pm$ 5,16	51,12 $\pm$ 6,94	26,53	80,65 $\pm$ 3,64	55,35 $\pm$ 5,18	25,30
0,1	80,15 $\pm$ 6,42	54,58 $\pm$ 6,82	25,57	81,07 $\pm$ 8,49	56,84 $\pm$ 9,96	24,23
0,07	82,20 $\pm$ 4,75	56,61 $\pm$ 5,27	25,05	82,53 $\pm$ 6,20	58,99 $\pm$ 3,52	23,54
0,05	83,42 $\pm$ 7,90	57,66 $\pm$ 2,95	25,76	83,33 $\pm$ 10,6	59,99 $\pm$ 8,08	23,34
0,055	83,95 $\pm$ 7,54	59,46 $\pm$ 1,43	26,47	85,20 $\pm$ 8,95	60,75 $\pm$ 8,20	24,51
1/50	87,05 $\pm$ 5,13	63,90 $\pm$ 6,63	25,93	90,31 $\pm$ 9,74	64,00 $\pm$ 8,64	26,31
1/50	95,73 $\pm$ 9,56	67,26 $\pm$ 9,90	28,47	96,94 $\pm$ 6,67	70,47 $\pm$ 12,1	26,47
s	5,07	5,06		5,92		5,92

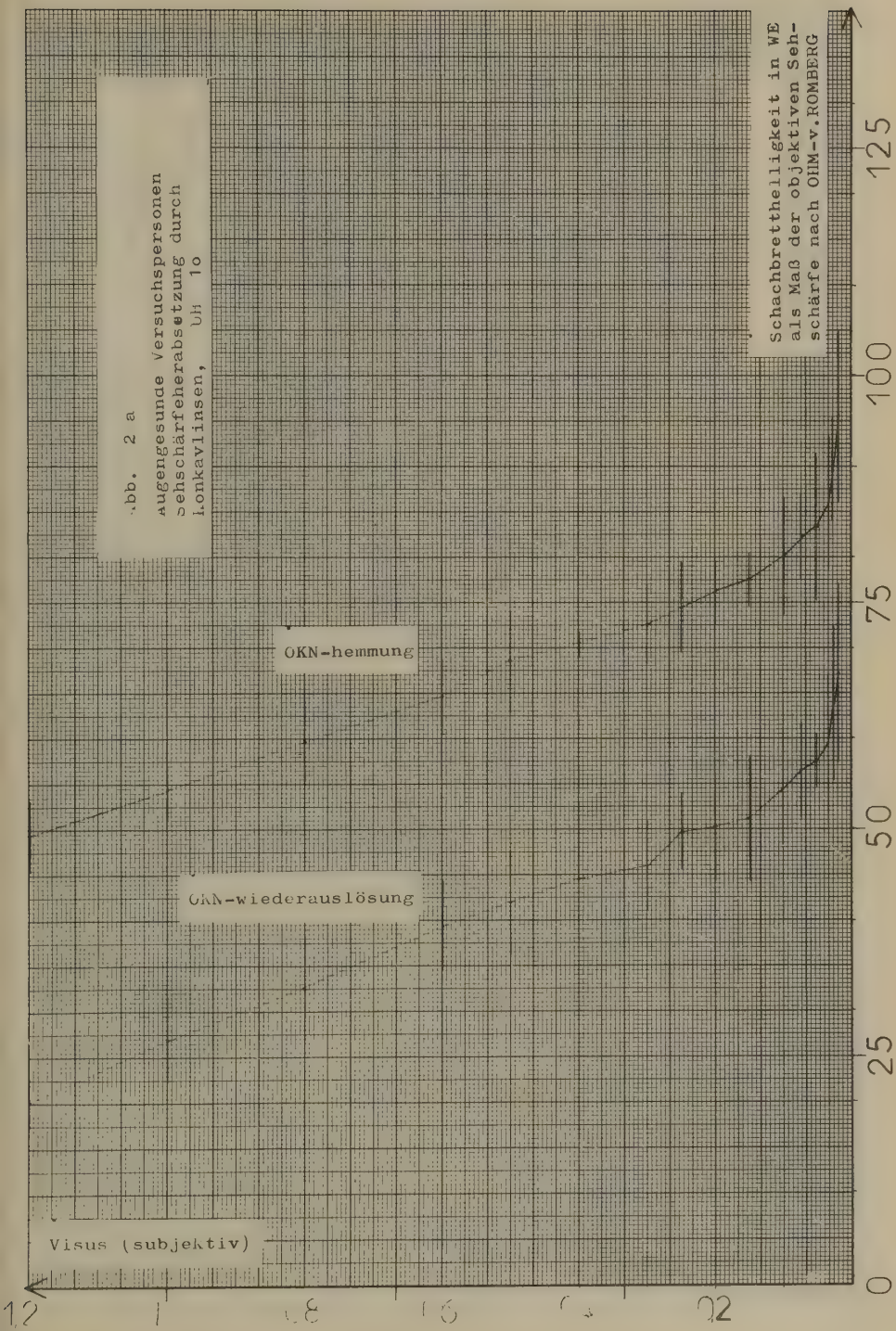


Abb. 2 b

Augengesunde Versuchspersonen
Sehschärfeherabsetzung durch
Konkavlinse, UH 12

OKN-hemmung

OKN-wiederauslösung

Visus (subjektiv)

Schachbretthelligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHM, v. ROMBERG

Tab. 3

Zusammenfassung der Ergebnisse der objektiven Sehschärfen-
bestimmung am Gerät nach OHM-v.ROMBERG von augengesunden
Versuchspersonen (Tab. 1 und 2).

Mittelwerte $\pm$ Standardabweichungen; Einheit: WE.

visus	UHN- hemmung	UH 10	UHN-wieder- auslösung	Diff.	UHN- hemmung	UH 12	UHN-wieder- auslösung	Diff.
1,2	40,49 ± 4,35	10,73 ± 3,23	29,76	50,77 ± 3,70	20,77 ± 3,59	30,00		
1,0	52,85 ± 3,23	24,74 ± 4,49	28,11	56,88 ± 3,08	27,19 ± 4,29	29,69		
0,8	58,72 ± 3,25	29,30 ± 5,83	29,56	61,36 ± 2,98	33,62 ± 4,50	27,74		
0,6	62,00 ± 4,56	35,11 ± 5,21	27,95	65,50 ± 3,61	37,93 ± 4,51	27,57		
0,5	62,58 ± 2,44	51,65 ± 6,23	27,76	67,83 ± 5,48	40,74 ± 6,06	27,09		
0,4	67,73 ± 1,76	40,26 ± 4,05	27,47	71,38 ± 2,23	44,48 ± 3,24	26,90		
0,3	69,45 ± 4,72	42,34 ± 5,06	27,11	73,91 ± 5,28	46,43 ± 5,61	27,48		
0,25	71,75 ± 4,54	40,90 ± 5,56	26,83	75,32 ± 5,22	48,27 ± 3,94	27,05		
0,2	74,28 ± 3,92	40,46 ± 6,27	27,82	76,54 ± 3,75	49,83 ± 4,44	26,72		
0,15	75,09 ± 2,00	47,56 ± 4,97	28,13	77,76 ± 4,58	50,56 ± 3,94	27,21		
0,1	78,54 ± 6,59	50,16 ± 5,59	28,39	78,79 ± 8,63	52,73 ± 8,79	26,07		
0,07	79,79 ± 4,27	51,66 ± 4,19	28,14	80,01 ± 6,09	54,18 ± 4,15	25,83		
0,05	81,50 ± 6,39	52,96 ± 3,31	28,54	81,97 ± 7,00	56,05 ± 6,54	25,92		
0,033	83,25 ± 6,24	55,11 ± 6,47	28,15	84,49 ± 6,61	57,75 ± 6,17	26,75		
1/35	86,76 ± 5,68	60,36 ± 8,12	26,39	88,46 ± 8,25	62,71 ± 8,90	25,75		
1/50	94,53 ± 8,19	62,98 ± 9,46	28,55	96,92 ± 6,67	69,61 ± 10,3	27,31		
Σ	4,80	5,38	5,19	5,56				

Visus (subjektiv)

Abb. 3 a
Augengesunde Versuchspersonen
Zusammenfassung
UH 10

OKN-wiederauslösung

OKN-hemmung

Schachbretthelligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHM-v. ROMBERG

5

5

75

100

125

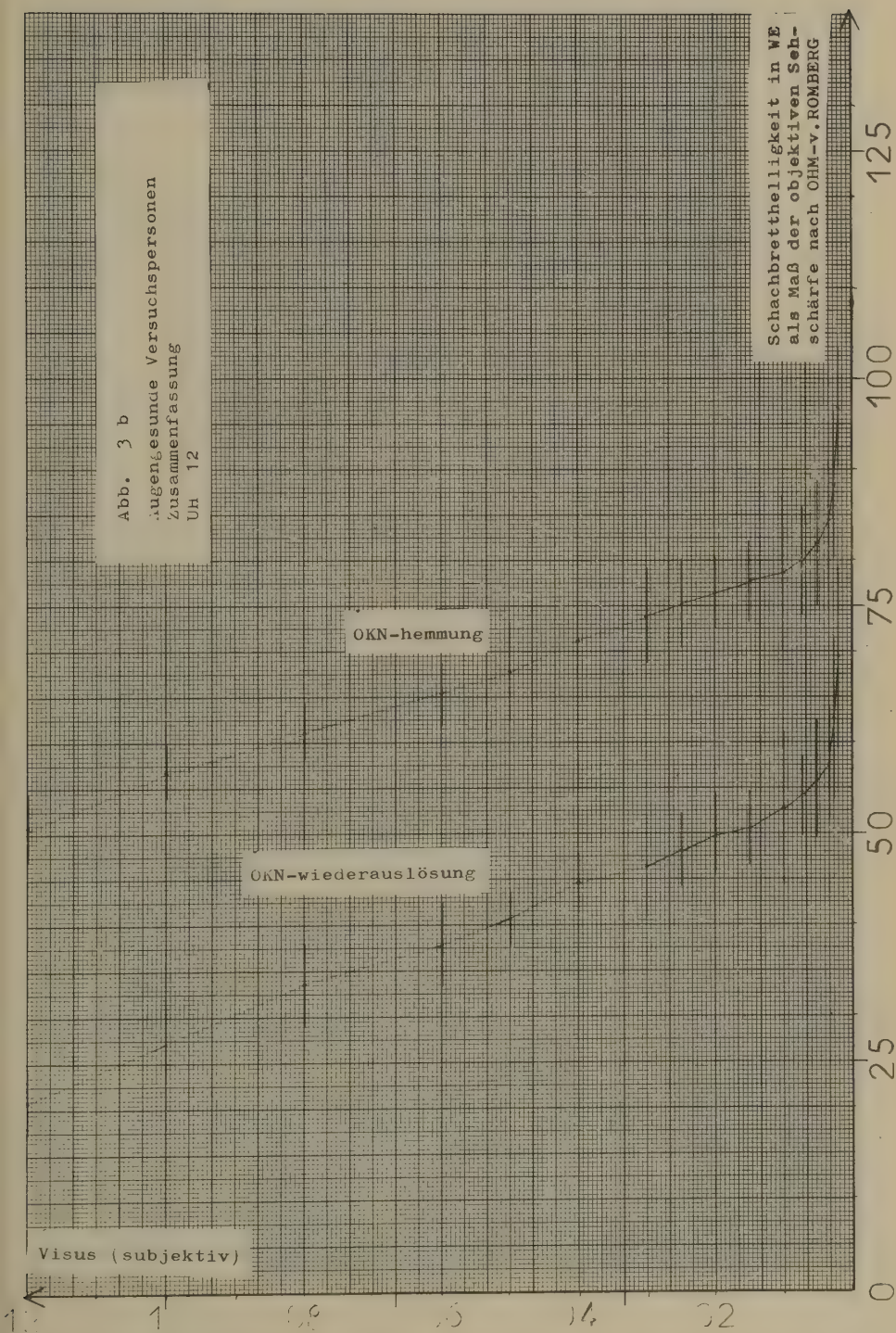
Abb. 3 b
Augengesunde Versuchspersonen
Zusammenfassung
UH 12

OKN-hemmung

OKN-wiederauslösung

Visus (subjektiv)

Schabretelligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHM-V. ROMBERG



Tab. 4

Ergebnisse der objektiven Sehschärfenbestimmung am Gerät nach OHM-v.ROMBERG an Patienten, deren Sehvermögen durch Hornhaut- und Glaskörperveränderungen herabgesetzt ist. Mittelwerte + Standardabweichungen; Einheit: WE.

Visus	UH 10		UH 12		Diff.	Diff.
	OKN-hemmung	OKN-wieder-auslösung	OKN-hemmung	OKN-wieder-auslösung		
1,2	47,51 ± 3,18	17,82 ± 3,49	53,29 ± 2,90	25,84 ± 3,63	27,45	
1,0	58,27 ± 7,12	28,67 ± 9,75	62,13 ± 6,14	32,44 ± 8,54	29,69	
0,8	65,88 ± 5,25	35,79 ± 7,92	70,53 ± 4,41	39,70 ± 7,17	30,83	
0,6	69,43 ± 5,78	39,89 ± 11,2	72,10 ± 6,54	45,23 ± 7,89	26,87	
0,5	73,41 ± 5,34	42,64 ± 7,13	76,54 ± 6,59	48,63 ± 8,14	27,91	
0,4	77,89 ± 5,31	44,92 ± 6,76	81,14 ± 5,07	51,43 ± 7,00	29,71	
0,3	78,34 ± 3,98	47,30 ± 5,98	82,75 ± 4,04	52,53 ± 7,26	30,22	
0,2	82,33 ± 6,11	51,21 ± 5,88	86,85 ± 5,61	59,04 ± 5,43	27,81	
0,15	84,59 ± 7,44	56,30 ± 7,05	89,66 ± 7,23	60,83 ± 7,02	28,83	
0,033	101,1 ± 1,23	68,16 ± 2,16	105,9 ± 2,27	74,50 ± 3,52	31,40	
1/35	112,8 ± 5,15	87,70 ± 11,4	117,2 ± 8,41	89,25 ± 11,8	27,95	
1/50	122,5 ± 20,7	93,25 ± 25,0	129,3 ± 18,9	101,2 ± 25,7	28,10	
$\bar{x}$	6,36	8,64	6,51	8,59		

Die Visuswerte 0,2; 0,15 und 0,1 wurden zu 0,15 zusammengefaßt.

Visus (subjektiv)

Abb. 4 a

Patienten mit Hornhaut- und
Glaskörperveränderungen

Uh 10

OKN-hemmung

OKN-wiederauflösung

Schachbretthelligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHM-v.ROMBERG

125

100

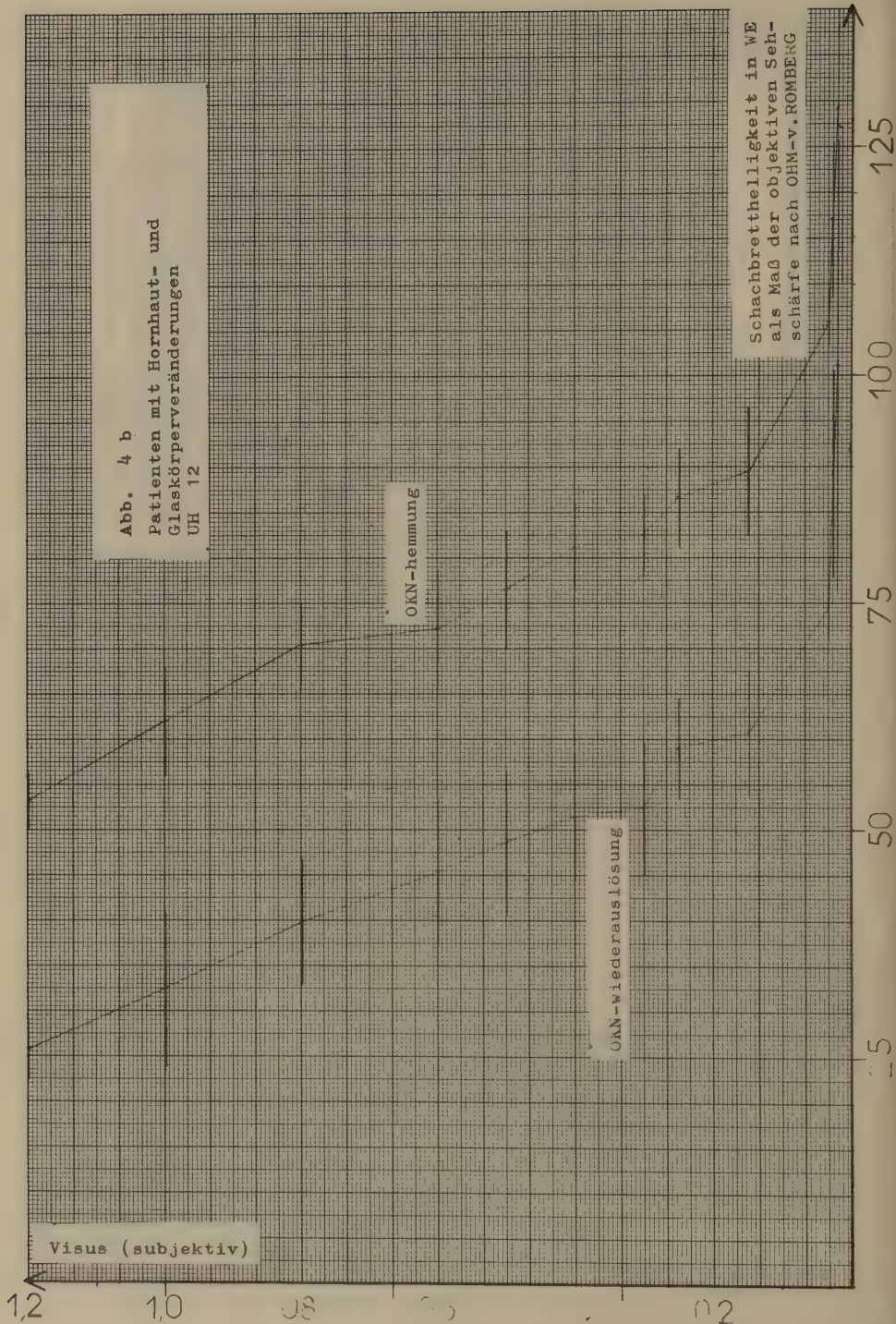
75

50

25

0

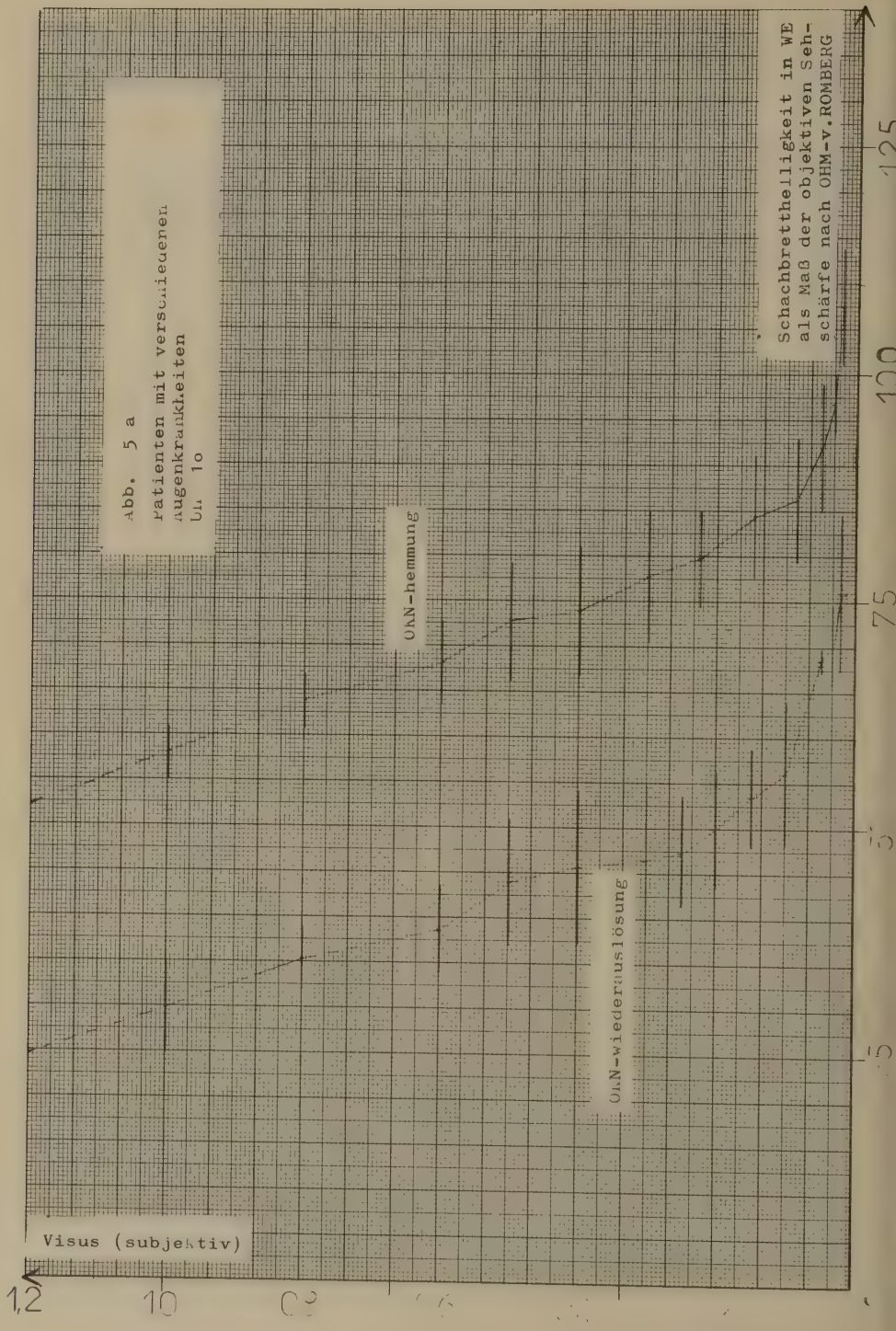
Abb. 4 b
Patienten mit Hornhaut- und
Glaskörperveränderungen
UH 12



Tab. 5

Ergebnisse der objektiven Sehschärfenbestimmung am Gerät nach OHM-v.ROMBERG an Patienten, deren Sehvermögen durch "verschiedene" Augenkrankheiten herabgesetzt ist (s.S. 65). Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung; Einheit: WE.

Visus	U _N - hemmung	U _H 10	U _N -wieder- auslösung	Diff.	OKN- hemmung	U _H 12	OKN-wieder- auslösung	Diff.
1,0	58,03 ± 2,75		29,95 ± 5,06	28,08	63,17 ± 3,47		36,82 ± 4,63	26,35
0,8	63,76 ± 3,12		35,32 ± 3,62	28,41	68,52 ± 3,76		39,02 ± 2,87	29,50
0,6	68,05 ± 4,53		38,74 ± 4,89	29,31	74,27 ± 6,08		44,69 ± 5,73	29,58
0,5	73,00 ± 6,45		43,88 ± 7,08	29,12	77,83 ± 4,62		48,67 ± 6,80	29,16
0,4	74,00 ± 6,97		45,66 ± 8,74	28,34	79,07 ± 7,56		51,96 ± 9,12	27,11
0,3	77,80 ± 7,34		46,26 ± 8,38	31,54	82,54 ± 6,19		53,00 ± 5,82	29,54
0,25			47,42 ± 6,00					
0,2	79,70 ± 7,32		49,88 ± 6,43	31,05	84,74 ± 5,94		54,28 ± 5,79	30,19
0,15	84,40 ± 6,82		53,41 ± 5,43	30,99	88,50 ± 1,25		58,00 ± 5,34	30,50
0,1			56,15 ± 7,96		89,28 ± 4,48		62,88 ± 4,62	26,40
0,07	86,20 ± 6,87			30,05	91,45 ± 5,77		64,57 ± 5,51	26,88
0,05	92,19 ± 6,96		68,50 ± 6,75	23,61	95,50 ± 1,09		66,92 ± 7,21	28,58
0,035	96,07 ± 3,36		70,50 ± 4,67	26,17	99,50 ± 8,44			
1/35							69,20 ± 6,07	30,30
1/50	107,5 ± 6,14		75,78 ± 8,80	31,72	114,6 ± 7,73		89,17 ± 13,5	25,63
		5,57	5,99			5,11		6,39



Visus (subjektiv)

bb. 5 b

Patienten mit verschiedenen
Augenkrankheiten
Uh 12

OKN-hemmung

OKN-wiederauflösung

Schachbrettheiligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHM-v.ROMBERG

125

100

75

50

25

0

Tab. 6

Ergebnisse der objektiven Sehschärfenbestimmung am Gerät nach OHM-v.ROMBERG an Patienten, deren Sehvermögen durch Erkrankungen der Netzhaut herabgesetzt ist.

Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung; Einheit: wE.

Visus	Uh 10		Uh 12		Diff.	OKN-wieder- auslösung	Diff.
	OKN- hemmung	OKN-wieder- auslösung	OKN- hemmung	OKN-wieder- auslösung			
1,2	49,36 $\pm$ 3,19	21,13 $\pm$ 4,55	53,83 $\pm$ 3,70	26,87 $\pm$ 4,47	27,63	26,87 $\pm$ 4,47	26,96
1,0	57,83 $\pm$ 5,83	28,95 $\pm$ 4,09	61,92 $\pm$ 4,78	34,80 $\pm$ 5,87	28,88	34,80 $\pm$ 5,87	27,12
0,8	63,48 $\pm$ 3,78	35,59 $\pm$ 4,79	68,52 $\pm$ 3,58	39,90 $\pm$ 4,48	27,89	39,90 $\pm$ 4,48	28,62
0,6	70,61 $\pm$ 3,11	42,87 $\pm$ 5,79	75,19 $\pm$ 3,26	47,45 $\pm$ 4,31	27,86	47,45 $\pm$ 4,31	27,74
0,5	73,87 $\pm$ 3,40	45,74 $\pm$ 5,53	78,81 $\pm$ 3,19	50,11 $\pm$ 5,55	28,13	50,11 $\pm$ 5,55	28,70
0,4	77,44 $\pm$ 5,93	48,93 $\pm$ 6,52	83,69 $\pm$ 3,51	55,91 $\pm$ 4,68	30,51	55,91 $\pm$ 4,68	27,78
0,3	81,02 $\pm$ 4,02	52,24 $\pm$ 7,14	85,62 $\pm$ 3,35	57,63 $\pm$ 6,13	26,78	57,63 $\pm$ 6,13	27,99
0,25	82,09 $\pm$ 4,84	53,30 $\pm$ 5,23	87,56 $\pm$ 3,39	59,84 $\pm$ 6,83	29,39	59,84 $\pm$ 6,83	27,72
0,2	87,26 $\pm$ 7,07	58,26 $\pm$ 9,18	90,79 $\pm$ 7,46	61,59 $\pm$ 9,72	29,00	61,59 $\pm$ 9,72	29,20
0,15	89,09 $\pm$ 4,54	61,78 $\pm$ 4,34	94,69 $\pm$ 4,69	64,87 $\pm$ 10,8	28,01	64,87 $\pm$ 10,8	29,82
0,1	91,08 $\pm$ 5,92	63,59 $\pm$ 6,63	95,86 $\pm$ 6,05	68,44 $\pm$ 7,99	28,09	68,44 $\pm$ 7,99	27,44
0,07	93,66 $\pm$ 3,89	65,16 $\pm$ 5,65	97,59 $\pm$ 2,94	70,30 $\pm$ 4,98	28,50	70,30 $\pm$ 4,98	27,29
0,05	97,43 $\pm$ 7,45	67,71 $\pm$ 9,20	101,3 $\pm$ 4,06	71,53 $\pm$ 9,34	29,92	71,53 $\pm$ 9,34	29,77
0,03	99,42 $\pm$ 1,11	71,75 $\pm$ 8,91	104,8 $\pm$ 6,03	72,82 $\pm$ 8,50	27,77	72,82 $\pm$ 8,50	31,98
1,15	104,8 $\pm$ 0,88	75,67 $\pm$ 11,5	109,7 $\pm$ 7,06	82,10 $\pm$ 7,19	28,73	82,10 $\pm$ 7,19	27,60
1,30	124,1 $\pm$ 12,9	96,92 $\pm$ 15,1	128,3 $\pm$ 15,2	104,7 $\pm$ 14,0	27,16	104,7 $\pm$ 14,0	13,60
Σ	49	89	59	7,18			

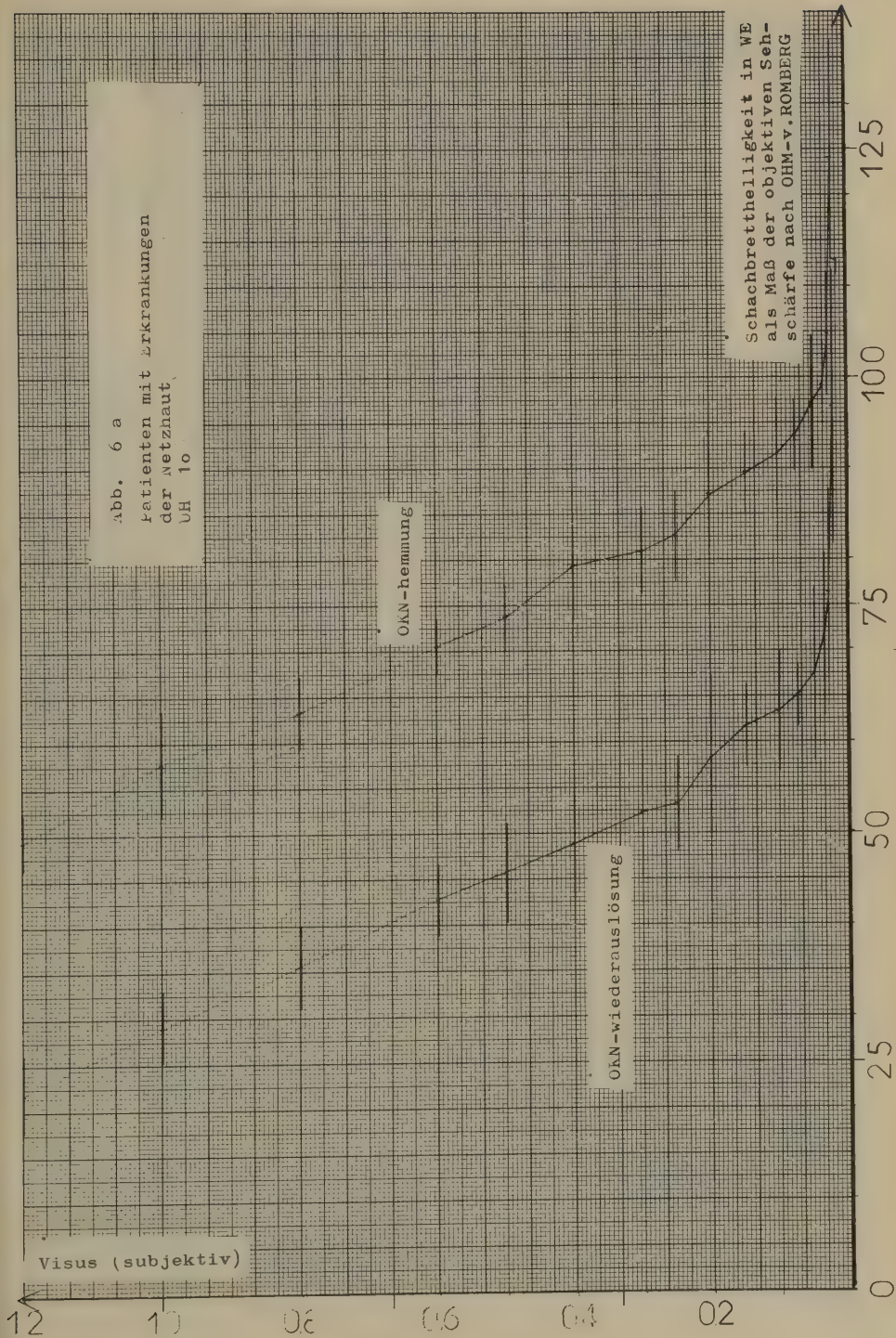
Abb. 6 a
Patienten mit Erkrankungen
der Netzhaut,
UH 10

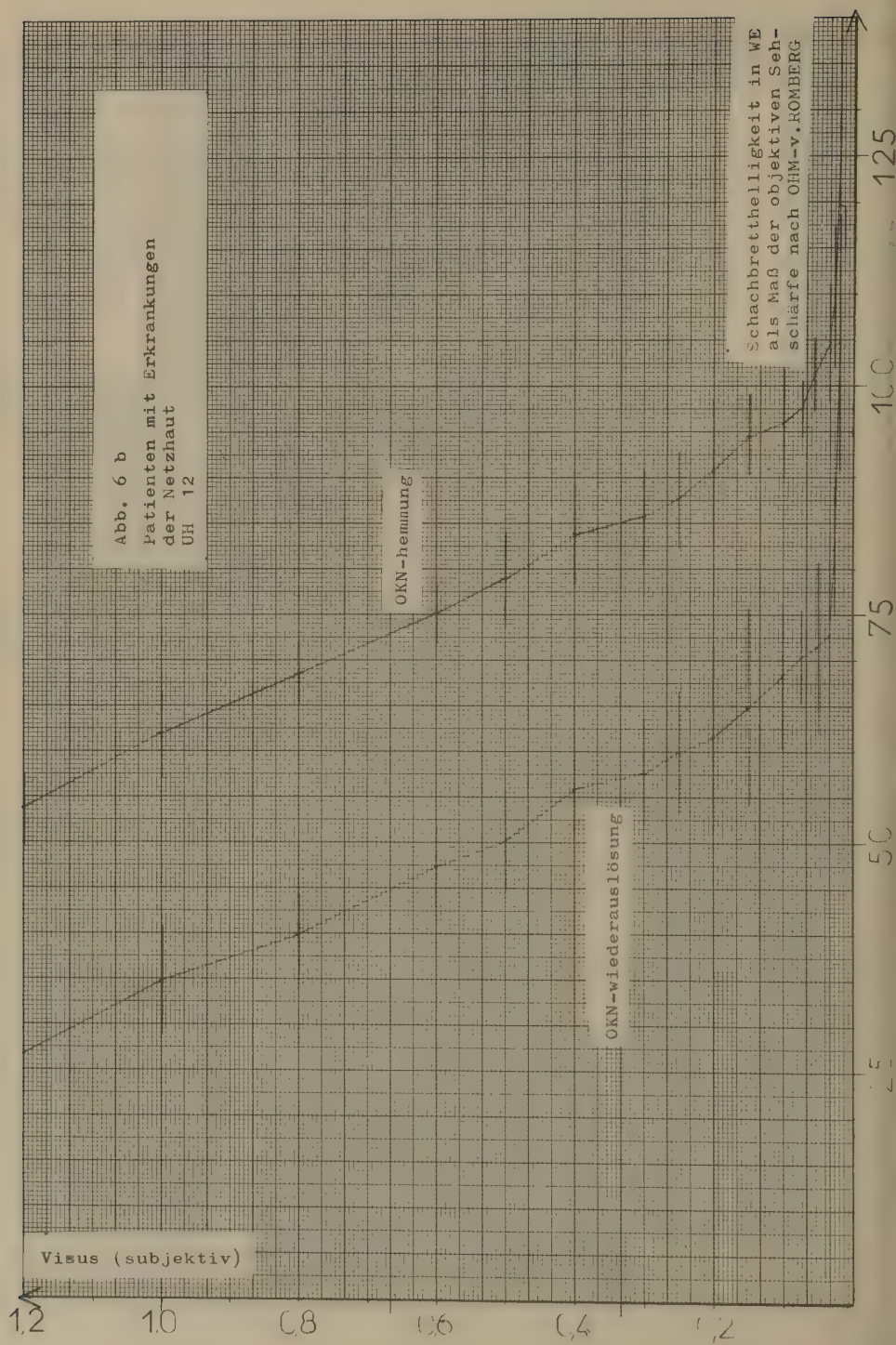
OAN-hemmung

OAN-wiederauslösung

Schachbretthelligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHM-v.ROMBERG

Visus (subjektiv)





Tab. 7

Ergebnisse der objektiven Sehschärfenbestimmung am Gerät nach OHM-v.ROMBERG an Patienten, deren Sehvermögen durch Refraktionsanomalien herabgesetzt ist.
Mittelwerte + Standardabweichungen; Einheit: WE.

Virus	U _h 10	U _h 12	U _h 12
	U _h -hemmung	U _h -hemmung	U _h -wieder- auflösung
	Diff.	Diff.	Diff.
1,2	47,33 ± 1,43	53,24 ± 2,02	26,44 ± 3,04
1,0	50,01 ± 4,84	62,75 ± 4,05	34,39 ± 6,65
0,8	63,41 ± 5,95	70,73 ± 4,62	41,21 ± 7,27
0,6	72,85 ± 3,04	77,55 ± 4,26	49,45 ± 3,79
0,5	70,35 ± 5,08	82,06 ± 6,91	53,12 ± 6,91
0,4	81,15 ± 0,57	84,24 ± 5,93	55,90 ± 5,57
0,3	81,43 ± 5,40	86,78 ± 5,35	57,08 ± 6,71
0,25	82,62 ± 6,02	88,03 ± 5,16	58,78 ± 5,04
0,2	85,48 ± 3,99	89,94 ± 4,70	62,49 ± 9,17
0,15	88,03 ± 5,51	93,04 ± 6,54	65,27 ± 7,11
0,1	89,73 ± 3,05	95,28 ± 4,45	67,05 ± 5,04
0,07	92,87 ± 8,19	97,01 ± 7,19	69,59 ± 7,42
0,05	97,25 ± 3,76	103,8 ± 7,45	77,65 ± 13,6
0,033	109,3 ± 0,36	110,1 ± 1,24	85,25 ± 7,07
1/35	110,5 ± 9,87	115,6 ± 10,5	91,28 ± 11,5
1/50	124,4 ± 10,8	129,7 ± 10,1	107,2 ± 11,9
$\bar{x}$	5,72	5,83	7,36
	7,33		

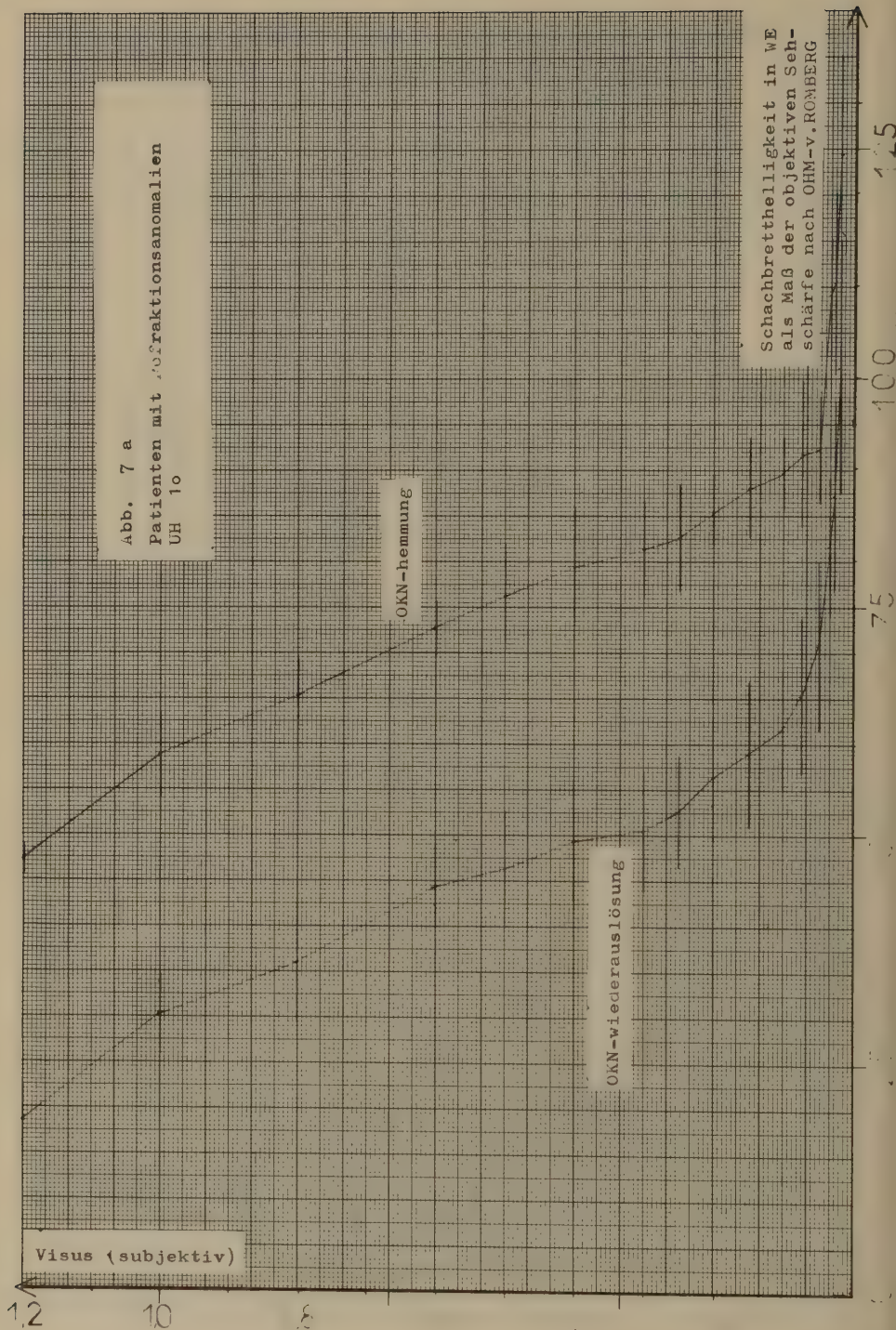


Abb. 7 a
Patienten mit Refraktionsanomalien
UH 10

Schachbretthelligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHM-v.ROMBERG

Visus (subjektiv)

Abb. 7 b
Patienten mit Refraktionsanomalien
UH 12

OKN-hemmung

OKN-wiederauslösung

Schachbretthelligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHM-v.ROMBERG

125

100

75

50

25

0

0.2

Tab. 8

Ergebnisse der objektiven Sehschärfenbestimmung am Gerät nach OHM-v.ROMBERG an Patienten, deren Sehvermögen durch (langjährigen) Diabetes mellitus herabgesetzt ist.

Mittelwerte $\pm$ Standardabweichungen; Einheit: WE.

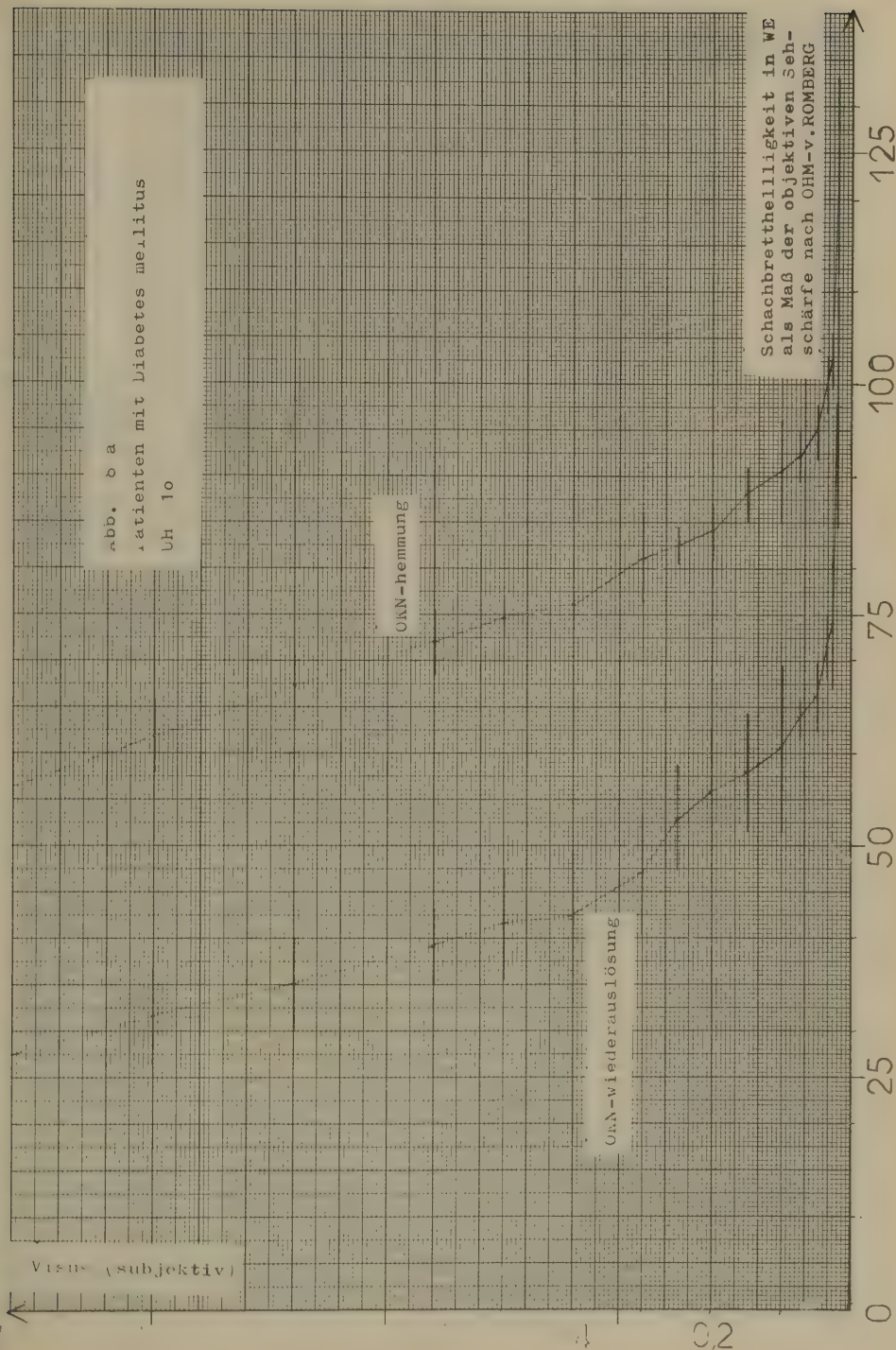
Visus	Uh 10	Uh 12	Diff.	ÖKN-hemmung	ÖKN-wieder-auslösung	Diff.
1,0	61,92 $\pm$ 3,79	67,12 $\pm$ 4,42	30,66		34,37 $\pm$ 3,71	32,76
0,8	67,33 $\pm$ 3,51	72,83 $\pm$ 2,77	32,25		37,33 $\pm$ 4,54	35,50
0,6	72,00 $\pm$ 3,37	77,43 $\pm$ 2,89	33,00		43,79 $\pm$ 4,24	33,64
0,5	74,73 $\pm$ 1,67	79,47 $\pm$ 4,78	32,97		46,31 $\pm$ 8,29	33,17
0,4	70,30 $\pm$ 1,02	80,25 $\pm$ 2,64	3,85		49,44 $\pm$ 9,86	30,81
0,3	81,01 $\pm$ 0,09	85,26 $\pm$ 4,43	31,04		52,04 $\pm$ 5,59	33,22
0,25	02,30 $\pm$ 1,03	88,75 $\pm$ 0,12	29,43		58,19 $\pm$ 3,10	30,56
0,2	04,19 $\pm$ 2,58	89,36 $\pm$ 2,96	26,33		60,28 $\pm$ 3,56	29,08
0,15	00,01 $\pm$ 2,88	97,94 $\pm$ 2,91	29,69		65,40 $\pm$ 5,23	28,54
0,1	90,29 $\pm$ 5,07	95,75 $\pm$ 4,91	29,99		66,75 $\pm$ 6,41	29,00
0,07	92,34 $\pm$ 2,60	96,34 $\pm$ 2,94	29,35		68,72 $\pm$ 5,85	27,62
0,05	94,80 $\pm$ 2,19	99,00 $\pm$ 1,93	29,49		70,75 $\pm$ 6,38	28,25
0,03	100,1 $\pm$ 3,13	101,0 $\pm$ 5,79	28,34		73,51 $\pm$ 4,63	27,49
1/35	102,7 $\pm$ 3,04	107,3 $\pm$ 3,69	28,36		80,20 $\pm$ 5,87	27,10
1/50	122,4 $\pm$ 10,7	129,7 $\pm$ 14,9	24,70		106,6 $\pm$ 15,1	23,10
-s	3,64	4,54	6,11		6,29	

Abb. 5 a
Patienten mit Diabetes mellitus
UH 10

ONN-hemmung

ONN-wiederauflösung

Schachbretthelligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHM-v.ROMBERG



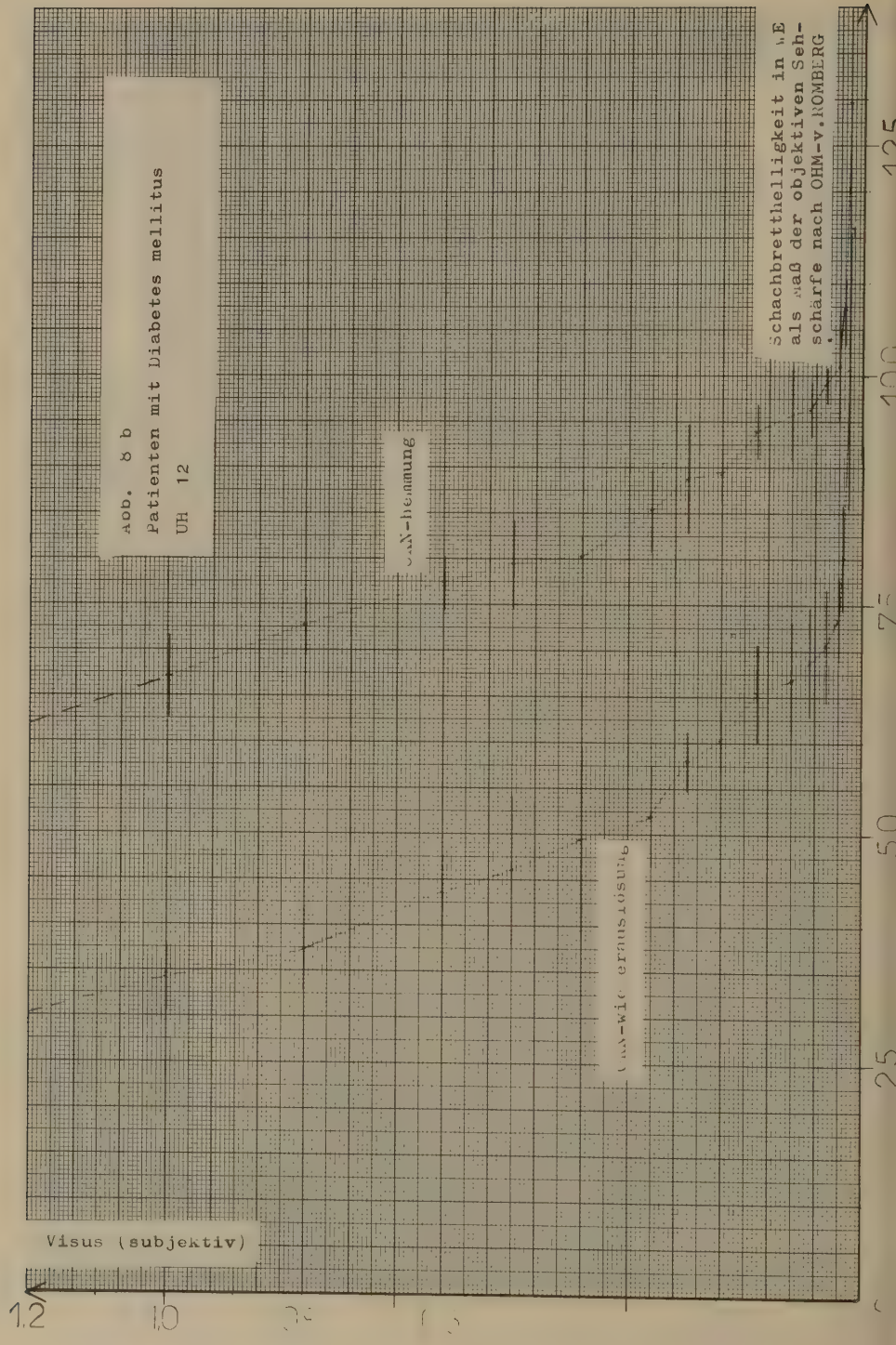


Abb. 8 b
Patienten mit Diabetes mellitus
UH 12

OHN-Hemmung

OHN-wie ergründung

Schachbretthelligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHM-v. ROMBERG

Visus (subjektiv)

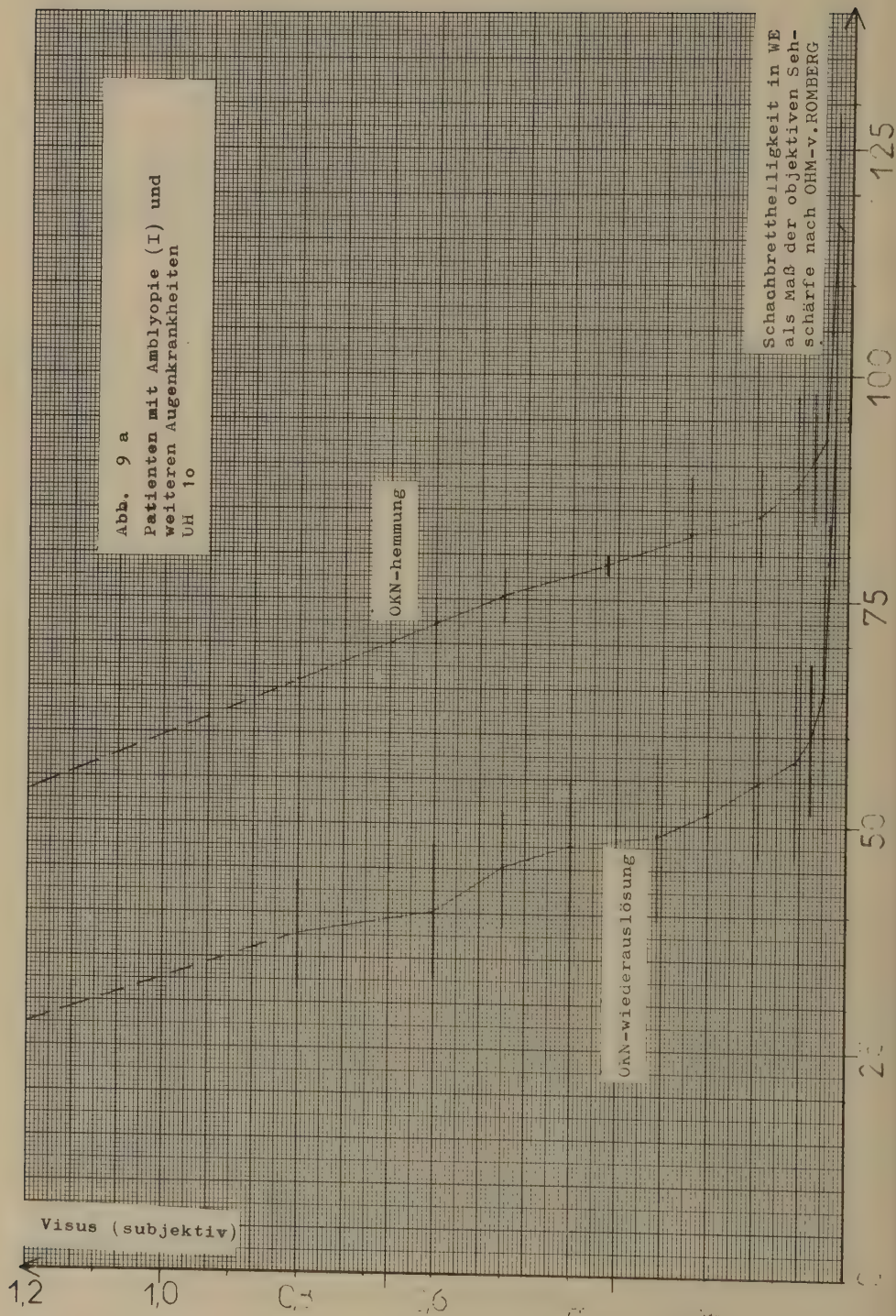
Tab. 9

Ergebnisse der objektiven Sehschärfenbestimmung am Gerät nach Ohm-v.ROMBERG an Patienten, deren Sehvermögen durch (früher festgestellte) Amblyopie und eine weitere Augenkrankheit herabgesetzt ist.

Mittelwerte + Standardabweichung; Einheit: WE.

Visus	Oh 10	OhN- hemmung	OhN-wieder- auslösung	Diff.	OhN- hemmung	Ull 12	OhN-wieder- auslösung	Diff.
0,8	66,06 ± 3,51		67,05 ± 5,97	28,43	70,30 ± 3,39		41,88 ± 5,94	28,42
0,6	72,42 ± 1,94		60,27 ± 7,42	32,17	70,40 ± 2,81		45,75 ± 6,14	29,65
0,5	75,55 ± 2,96		45,25 ± 6,57	50,08	77,83 ± 4,56		48,00 ± 8,35	29,83
0,4			47,65 ± 7,25					
0,3	79,00 ± 0,35			31,37	80,63 ± 1,94		49,38 ± 4,77	31,25
0,25			60,75 ± 9,51					
0,2	62,40 ± 0,47		51,50 ± 3,12	30,90	85,15 ± 2,17		53,17 ± 6,04	31,89
0,15								
0,1	84,36 ± 5,54		54,81 ± 8,73	29,55	89,50 ± 5,09		61,43 ± 10,1	28,07
0,07	67,03 ± 10,4		57,38 ± 11,1	30,25	93,25 ± 7,42		64,75 ± 5,66	28,50
0,05	90,00 ± 7,54		59,03 ± 8,07	30,97	96,75 ± 3,04		66,05 ± 8,25	30,70
0,033	92,03 ± 9,09		64,25 ± 14,9	28,58	98,00 ± 12,7		71,63 ± 14,3	26,37
1/35	104,9 ± 2,09		79,34 ± 4,26	25,56	109,9 ± 3,44		78,94 ± 17,3	30,69
1/50	117,0 ± 12,7		96,50 ± 20,5	20,50	121,5 ± 12,0		103,1 ± 16,8	18,40
S	5,07		9,00		5,32		9,42	

Abb. 9 a
Patienten mit Amblyopie (I) und
weiteren Augenkrankheiten
UH 10



Schachbretteiligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHM-v.ROMBERG

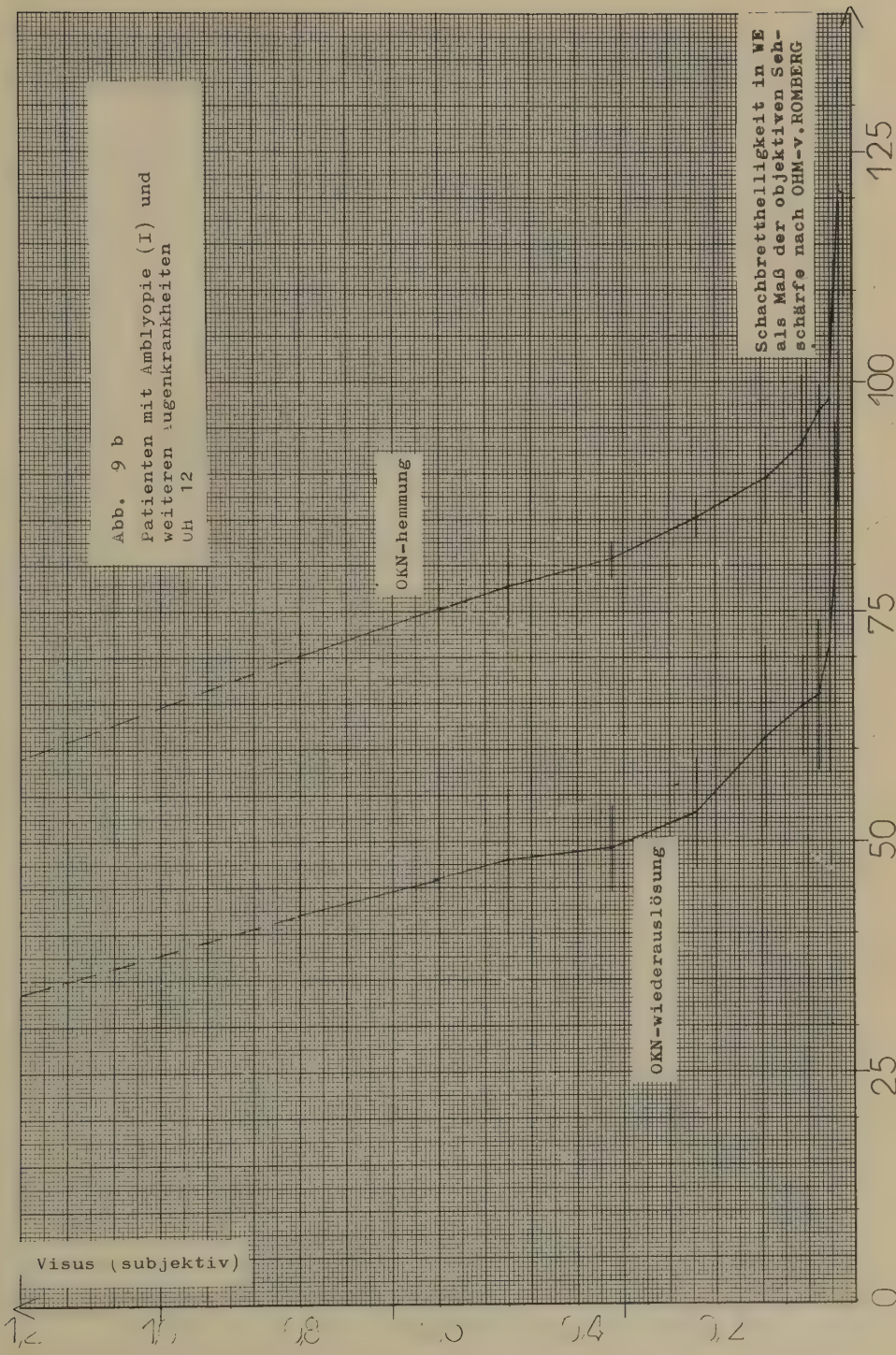


Abb. 9 b
Patienten mit Amblyopie (I) und
weiteren Augenkrankheiten
Oh 12

OKN-hemmung

OKN-wiederauslösung

Schachbretthelligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHN-v.ROMBERG

Visus (subjektiv)

Tab. 10

Ergebnisse der objektiven Sehschärfenbestimmung am Gerät nach OHM-v.ROMBERG an Patienten, deren Sehvermögen durch Glaukom herabgesetzt ist.

Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung; Einheit: KE.

Visus	UH 10		UH 12		UH 12		UH 12	
	OKN-hemmung	Diff.	OKN-wieder-auslösung	Diff.	OKN-hemmung	Diff.	OKN-wieder-auslösung	Diff.
1,2	53,35 $\pm$ 3,17	27,80	25,35 $\pm$ 5,57	27,80	58,35 $\pm$ 2,95	31,04 $\pm$ 1,13	31,04 $\pm$ 1,13	27,31
1,0	60,20 $\pm$ 3,39	28,93	31,27 $\pm$ 4,44	28,93	64,34 $\pm$ 2,82	37,32 $\pm$ 4,49	37,32 $\pm$ 4,49	27,02
0,8	67,20 $\pm$ 4,35	28,53	38,67 $\pm$ 6,87	28,53	71,79 $\pm$ 4,59	45,01 $\pm$ 6,94	45,01 $\pm$ 6,94	26,78
0,6	73,53 $\pm$ 2,89	28,53	45,00 $\pm$ 3,83	28,53	79,44 $\pm$ 4,37	48,61 $\pm$ 3,68	48,61 $\pm$ 3,68	30,83
0,5	77,00 $\pm$ 3,24	28,78	48,22 $\pm$ 4,46	28,78	82,22 $\pm$ 4,25	52,98 $\pm$ 6,18	52,98 $\pm$ 6,18	29,24
0,4	79,23 $\pm$ 3,72	28,56	50,67 $\pm$ 6,02	28,56	85,70 $\pm$ 3,81	56,43 $\pm$ 4,59	56,43 $\pm$ 4,59	29,27
0,3	80,91 $\pm$ 3,54	27,79	53,12 $\pm$ 5,63	27,79	87,92 $\pm$ 4,15	58,04 $\pm$ 4,07	58,04 $\pm$ 4,07	29,88
0,25	81,60 $\pm$ 3,39	25,53	56,07 $\pm$ 6,39	25,53	91,55 $\pm$ 4,11	61,10 $\pm$ 5,02	61,10 $\pm$ 5,02	30,45
0,2	86,74 $\pm$ 3,28	28,11	58,63 $\pm$ 4,31	28,11	93,67 $\pm$ 5,10	64,03 $\pm$ 4,26	64,03 $\pm$ 4,26	29,64
0,15	91,12 $\pm$ 2,33	31,90	59,22 $\pm$ 7,14	31,90	95,50 $\pm$ 2,34	66,19 $\pm$ 4,68	66,19 $\pm$ 4,68	29,31
0,1	92,01 $\pm$ 4,25	31,64	60,97 $\pm$ 6,79	31,64	96,38 $\pm$ 6,86	68,20 $\pm$ 7,41	68,20 $\pm$ 7,41	28,10
0,07	93,34 $\pm$ 5,17	28,91	61,43 $\pm$ 5,83	28,91	97,61 $\pm$ 4,81	72,10 $\pm$ 7,33	72,10 $\pm$ 7,33	25,51
0,05	97,09 $\pm$ 5,09	31,50	66,19 $\pm$ 8,43	31,50	101,6 $\pm$ 7,32	73,28 $\pm$ 11,8	73,28 $\pm$ 11,8	28,23
0,033	102,4 $\pm$ 4,85	33,52	68,88 $\pm$ 12,0	33,52	106,4 $\pm$ 5,35	76,92 $\pm$ 9,09	76,92 $\pm$ 9,09	29,48
1/35	113,6 $\pm$ 5,94	21,26	92,16 $\pm$ 9,29	21,26	117,5 $\pm$ 10,3	96,75 $\pm$ 7,42	96,75 $\pm$ 7,42	20,75
1/50	127,4 $\pm$ 14,9	25,30	102,1 $\pm$ 20,1	25,30	129,7 $\pm$ 12,5	105,5 $\pm$ 13,6	105,5 $\pm$ 13,6	24,20
Σ	4,59	5,35	6,16	5,35	6,36	6,36	6,36	6,36

Visus (subjektiv)

Abb. 10 a
Patienten mit Glaukom
OH 10

OKN-hemmung

OKN-wiederauflösung

Schachbretthelligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHM-v.ROMBERG

125

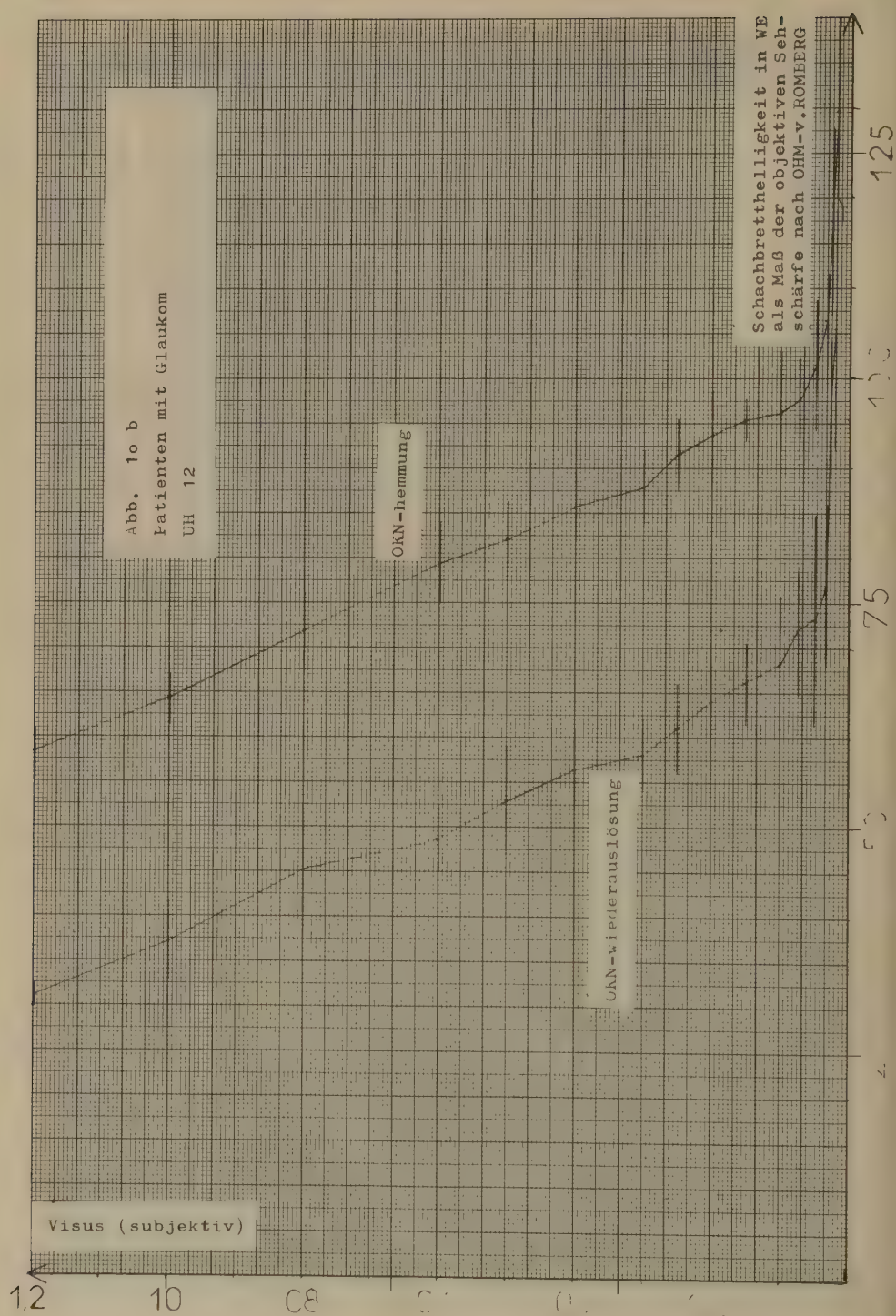
100

75

50

25

0



Tab. 11

Ergebnisse der objektiven Sehschärfenbestimmung am Gerät nach OHM-v.ROMBERG an Patienten, deren Sehvermögen durch Cataracte herabgesetzt ist.

Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung; Einheit: WE.

Visus	OKN- hemmung	UH 10	OKN-wieder- auflösung	Diff.	OKN- hemmung	UH 12	OKN-wieder- auflösung	Diff.
1,2	50,25 ± 2,47	20,75 ± 1,41	29,50	29,50	55,25 ± 5,05	30,75 ± 1,77	24,50	
1,0	60,42 ± 5,28	29,58 ± 4,64	30,84	30,84	65,36 ± 6,00	36,68 ± 4,31	28,68	
0,8	67,85 ± 4,59	30,41 ± 0,99	29,44	29,44	72,97 ± 4,32	43,05 ± 7,26	29,92	
0,6	74,52 ± 3,96	43,93 ± 2,11	30,59	30,59	78,68 ± 4,69	49,82 ± 7,48	28,86	
0,5	76,82 ± 5,53	46,15 ± 7,97	30,67	30,67	80,98 ± 5,92	51,14 ± 8,88	29,84	
0,4	79,72 ± 4,66	49,16 ± 6,88	30,56	30,56	83,27 ± 5,23	55,45 ± 10,4	27,82	
0,3	81,40 ± 5,61	53,21 ± 8,26	28,19	28,19	85,59 ± 6,32	57,53 ± 9,11	28,06	
0,25	84,88 ± 6,13	55,92 ± 6,09	28,96	28,96	89,99 ± 5,69	59,79 ± 6,65	30,20	
0,2	87,04 ± 4,37	56,44 ± 6,14	28,60	28,60	92,23 ± 4,91	64,08 ± 6,89	28,15	
0,15	90,57 ± 4,02	62,89 ± 6,18	27,68	27,68	95,27 ± 4,85	67,29 ± 6,88	27,98	
0,1	91,99 ± 0,62	63,91 ± 7,69	28,08	28,08	97,15 ± 6,42	68,70 ± 6,45	29,45	
0,07	95,11 ± 0,22	66,26 ± 7,36	28,85	28,85	98,71 ± 5,87	72,43 ± 5,79	26,82	
0,05	100,8 ± 6,38	73,87 ± 8,10	26,93	26,93	104,6 ± 7,59	80,94 ± 8,67	23,66	
0,033	106,2 ± 8,27	80,29 ± 10,8	25,91	25,91	107,4 ± 8,04	84,97 ± 9,65	22,43	
1/35	108,5 ± 7,99	81,75 ± 9,14	26,75	26,75	111,7 ± 8,00	86,00 ± 9,82	25,70	
1/50	124,9 ± 13,6	99,53 ± 14,4	25,37	25,37	127,5 ± 11,1	102,6 ± 13,5	24,90	
Σ	6,02	7,37			6,29	7,66		

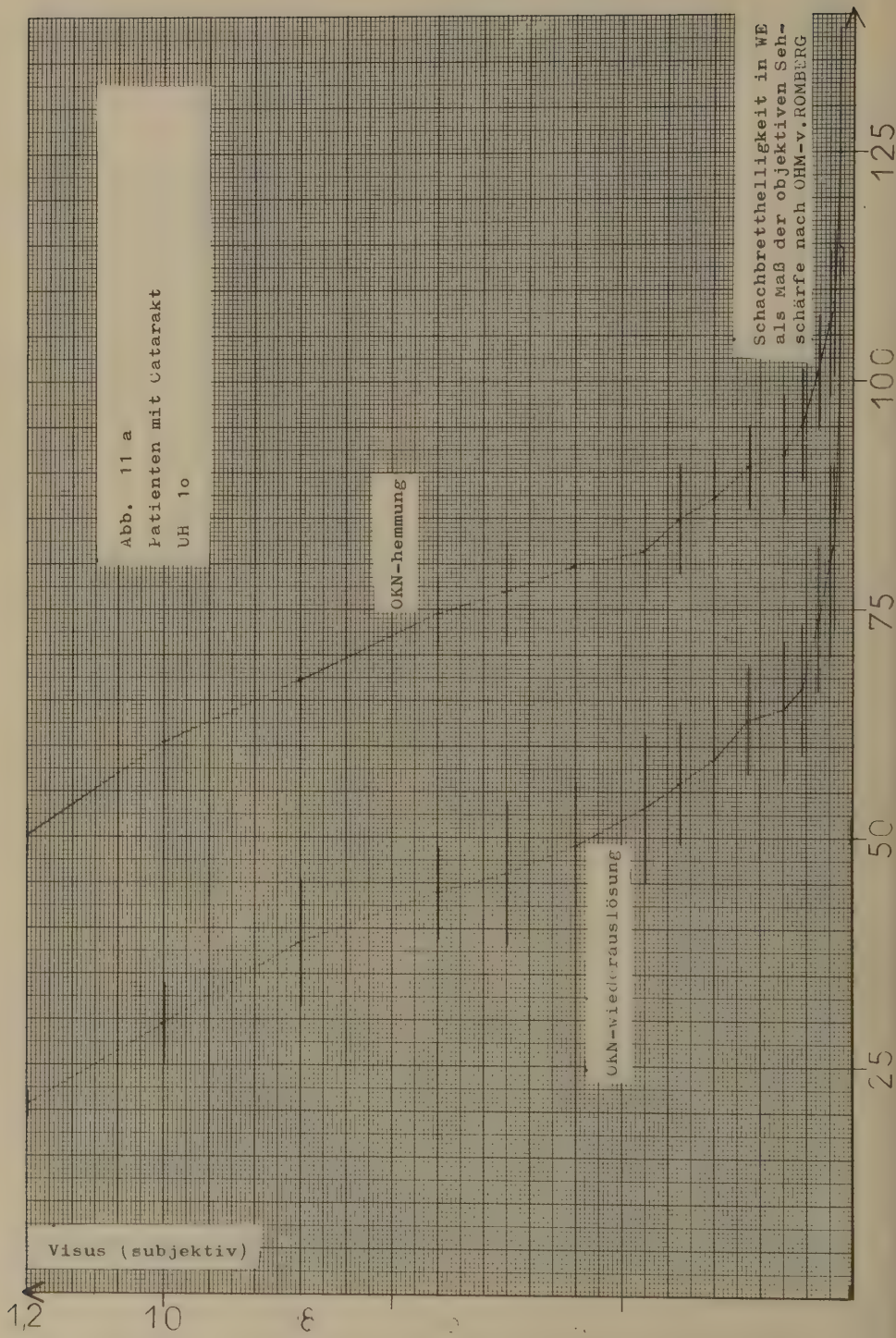


Abb. 11 a
Patienten mit Catarakt
UH 10

Visus (subjektiv)

Schachbretthelligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHM-v.ROMBERG

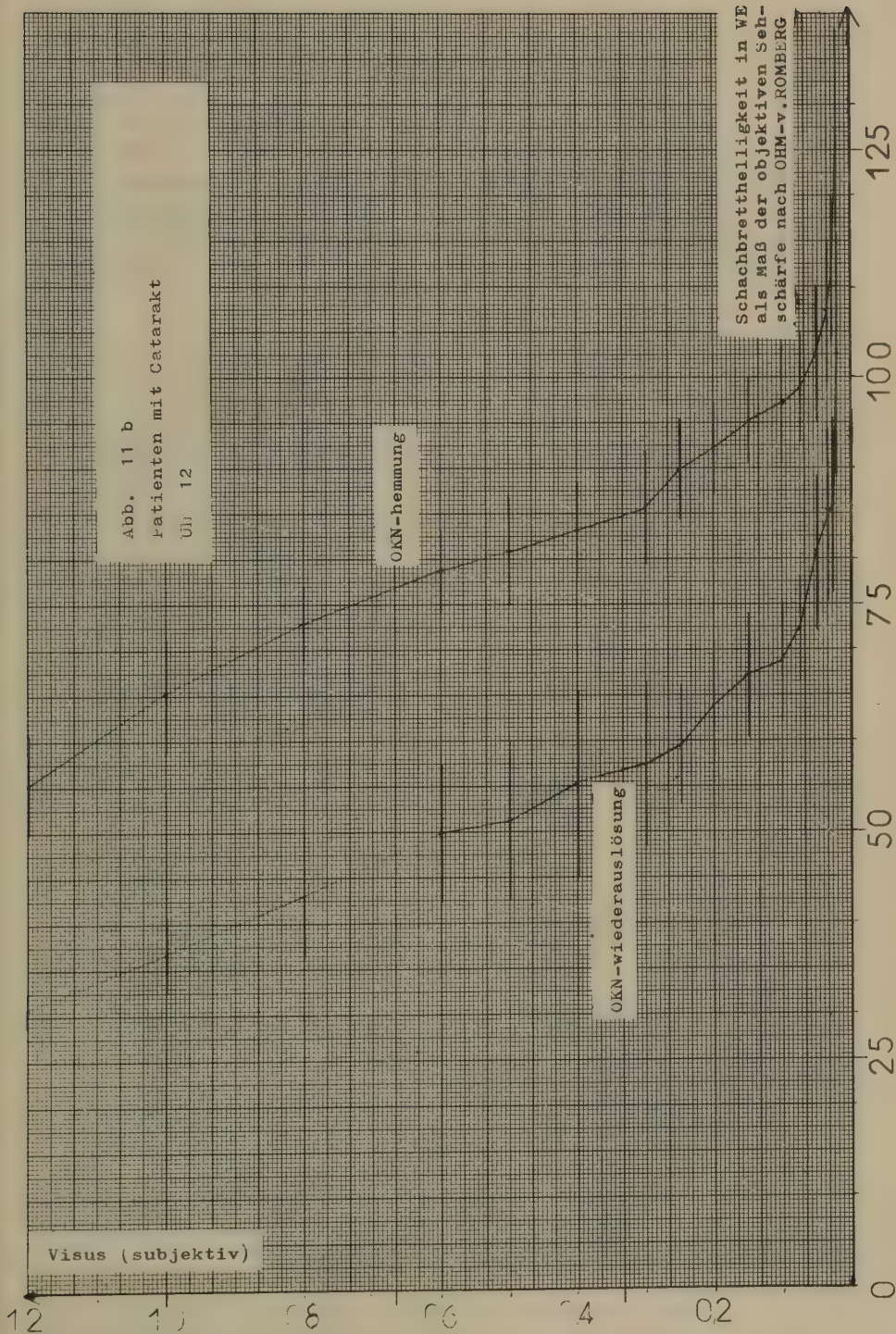
Abb. 11 b
Patienten mit Catarakt
Ul. 12

Visus (subjektiv)

OKN-hemmung

OKN-wiederauslösung

Schachbretthelligkeit in WE
als Maß der objektiven Seh-
schärfe nach OHM-v.ROMBERG



Tab. 12

Zusammenfassung der Ergebnisse der objektiven Sehschärfenbestimmung am Gerät nach OHM-v.ROMBERG von allen Patienten-
gruppen (Tab. 4 - 11).

Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung; Einheit: WE.

Visus	UH 10		UH 12		Diff.	OAKN- hemmung	OAKN-wieder- auslösung		Diff.
	OAKN- hemmung	OAKN-wieder- auslösung	OAKN- hemmung	OAKN-wieder- auslösung					
1,2	49,56 ± 2,68 2,45	20,86 ± 3,76 3,07	54,79 ± 3,58 2,15	28,19 ± 2,81 2,50	28,70 0,95			26,60 1,47	
1,0	59,35 ± 4,71 1,53	30,01 ± 5,42 1,03	64,11 ± 4,61 1,91	35,26 ± 5,46 1,75	29,42 1,15			28,57 2,17	
0,8	65,88 ± 3,98 1,61	36,56 ± 5,96 1,45	70,77 ± 3,93 1,71	40,89 ± 5,81 2,43	29,32 1,39			29,89 2,57	
0,6	71,66 ± 3,58 2,17	41,73 ± 5,60 2,34	76,26 ± 4,36 2,45	46,85 ± 5,41 2,30	29,94 1,84			29,41 2,11	
0,5	75,06 ± 4,34 1,50	44,99 ± 6,40 2,14	79,47 ± 5,35 2,10	49,87 ± 7,39 2,42	30,06 1,49			29,59 1,17	
0,4	78,13 ± 4,39 2,01	47,33 ± 6,19 2,10	82,25 ± 4,71 2,30	53,24 ± 7,00 3,01	30,80 1,92			29,01 1,50	
0,3	80,72 ± 5,08 1,53	49,82 ± 7,26 2,82	84,64 ± 4,72 2,44	54,65 ± 6,18 3,30	30,40 2,02			29,89 1,69	
0,25	82,35 ± 5,01 1,41	52,83 ± 6,49 2,30	87,70 ± 5,02 2,46	58,48 ± 5,44 2,79	29,53 1,82			29,92 1,29	
0,2	84,35 ± 4,78 2,91	55,12 ± 6,17 3,02	89,32 ± 3,69 3,69	60,85 ± 6,49 4,02	29,30 1,20			29,37 1,44	
0,15	86,00 ± 4,50 2,88	58,19 ± 6,08 3,26	92,51 ± 4,37 2,85	63,66 ± 7,42 7,20	29,64 1,35			28,85 0,96	
0,1	90,21 ± 5,51 2,92	60,24 ± 7,62 3,00	94,17 ± 5,47 3,32	66,22 ± 6,86 2,90	29,35 1,36			28,10 0,99	
0,07	91,99 ± 6,20 3,88	63,77 ± 6,47 3,23	95,99 ± 5,28 2,64	68,92 ± 6,08 3,19	29,06 0,94			27,15 0,91	

Tab. 12, Fortsetzung.

Die unter den jeweiligen durchschnittlichen Mittelwerten bzw. Standardabweichungen stehenden Werte sind Standardabweichungen; sie beschreiben die Größe der Streuung der darüberstehenden Durchschnittswerte in den einzelnen Patientengruppen

Visus	Uh 10	Uh 12	Diff.	OKN-wieder- auflösung	OKN-wieder- auflösung	Diff.
	OKN- hemmung	OKN- hemmung				
0,05	92,80 ± 3,07	100,4 ± 3,43	28,42 ± 2,84	67,58 ± 4,36	72,45 ± 5,40	27,91 ± 2,35
0,033	102,5 ± 4,10	104,1 ± 4,21	27,84 ± 2,87	72,16 ± 5,95	76,10 ± 5,98	28,04 ± 3,35
1/35	108,2 ± 1,98	112,4 ± 3,70	20,36 ± 3,17	81,84 ± 6,54	84,21 ± 8,53	26,80 ± 3,24
1/50	127,3 ± 6,32	126,3 ± 5,40	25,90 ± 3,49	92,38 ± 8,37	102,5 ± 5,76	23,80 ± 2,97
	5,36	5,48	7,20			7,11

1. Form der Kurven

Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen den subjektiv und den objektiv ermittelten Sehschärfe-werten. In den Visusbereichen von 1,2 bis ca. 0,1 ergeben sich annähernd Geraden mit einer Neigung von rund 65°, in kleineren Visusbereichen nähern sich die Kurven "asymptotisch" der Abszisse an.

Die Kurven der augengesunden Versuchspersonen verlaufen steiler als die der Patienten (Neigung über 70°). Da die oberen Visusgruppen relativ gut übereinstimmen, die unteren weniger gut, können Visusminderungen durch Krankheiten nur bis zu einem gewissen Grade künstlich nachgeahmt werden; außerdem muß man den "Myopiefehler" berücksichtigen, s.u.

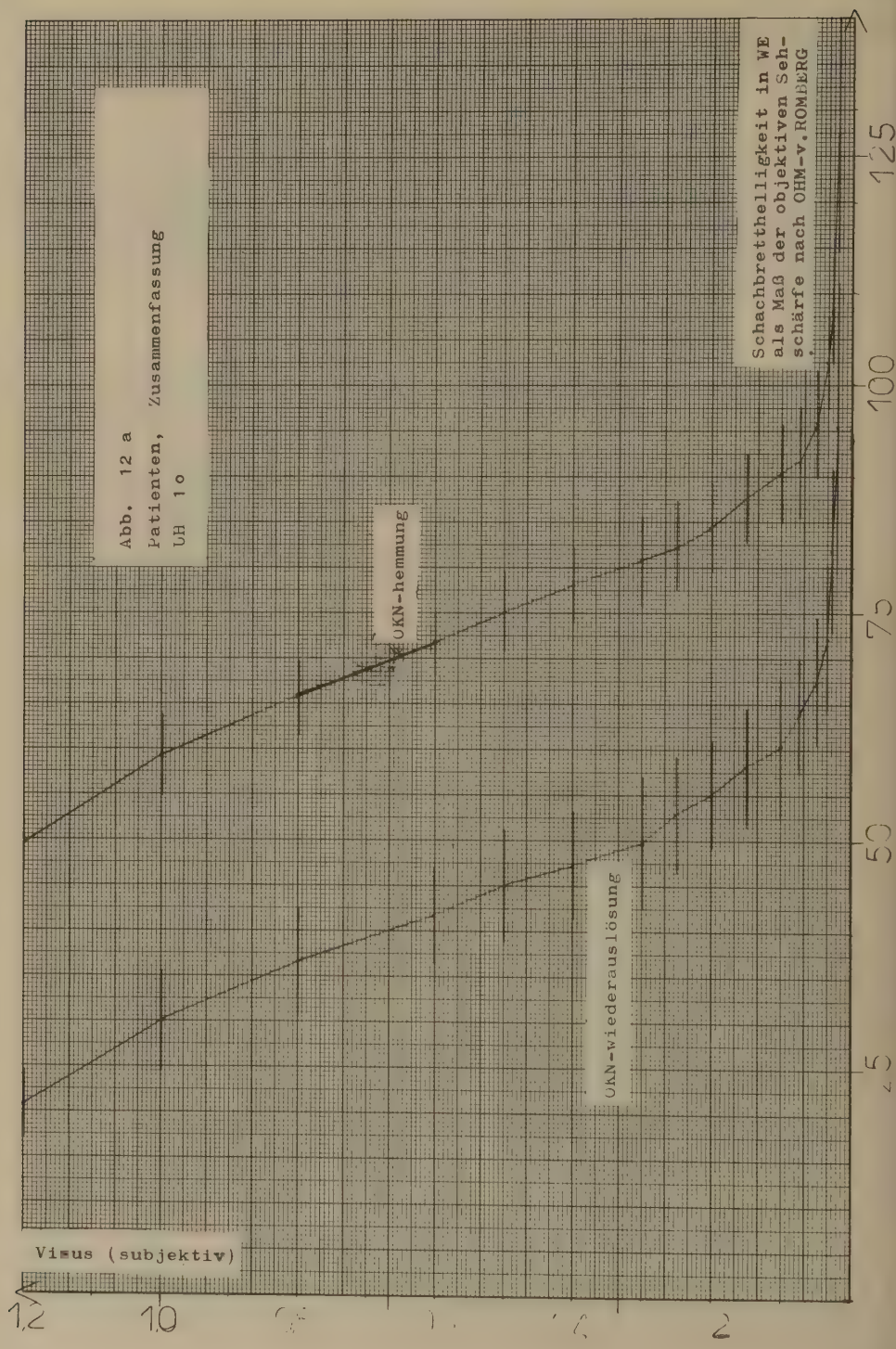
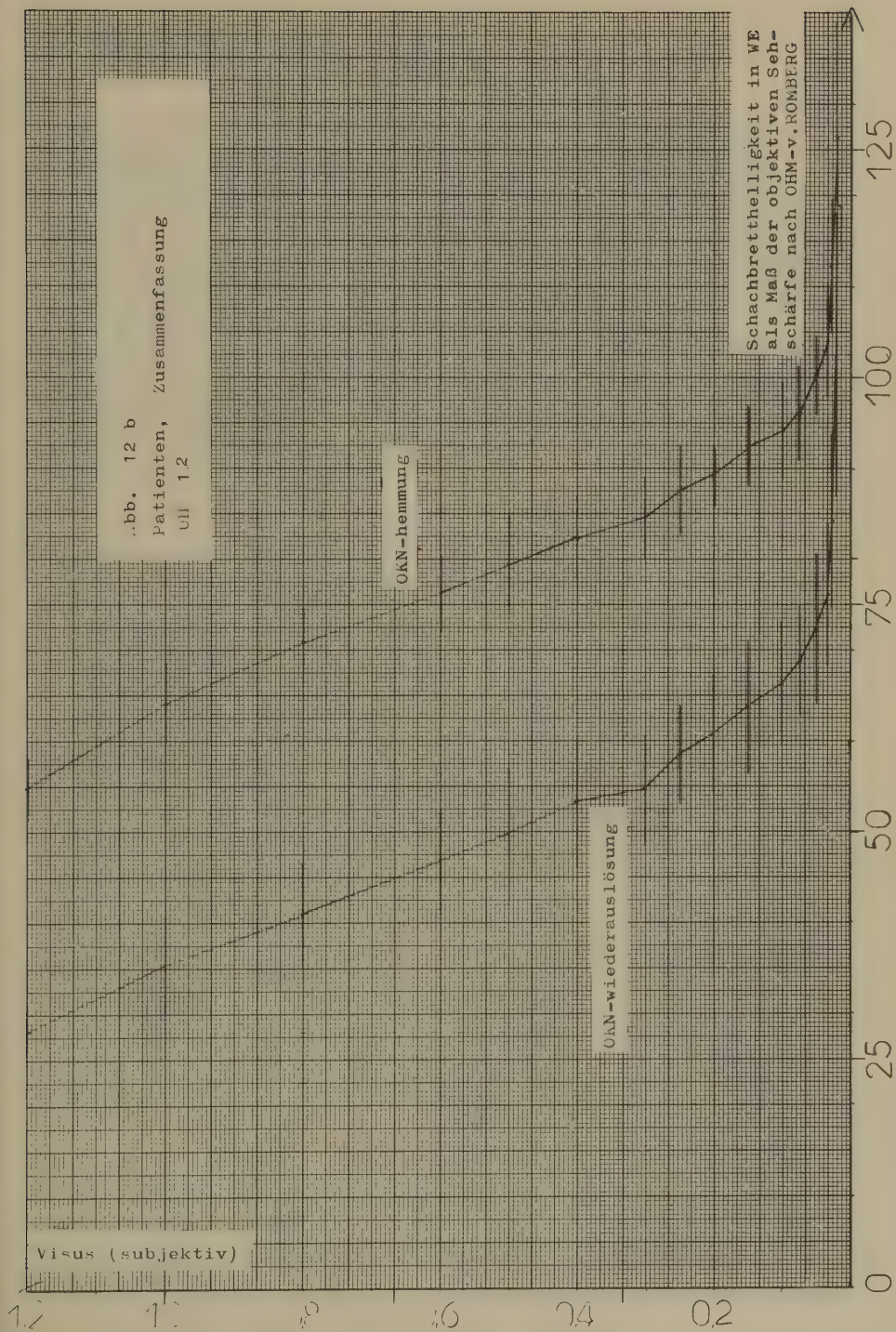


Abb. 12 a
Patienten, Zusammenfassung
UH 10



In der Anordnung der Kurven nimmt das Durchschnittsalter der Patienten zu; nimmt man an, daß ältere Patienten vorwiegend niedrigere Visusgruppen stellen und daß Unterschiede zwischen den einzelnen Kurven hauptsächlich in unteren Visusbereichen bestehen, kann man die Altersverteilung als Ursache für unterschiedliche Ergebnisse der objektiven Sehschärfenbestimmung auf der Grundlage des optokinetischen Nystagmus verantwortlich machen. - Als allgemeine Tendenz läßt sich feststellen: Je größer der Anteil älterer Patienten in einer Gruppe ist, desto "flacher" verlaufen die Kurven. - Natürlich spielen daneben auch Faktoren wie Aufmerksamkeit, Ablenkung bzw. Einsicht in die Notwendigkeit einer Untersuchung eine Rolle.

2. Abstände der Kurven

a. Abstände der OKN-hemmungs- und OKN-wiederauslöschungskurven

Die kurvenabstände ("Diff." = Differenz zwischen den einzelnen Werten der Tab. 1 - 12) sind bei allen Untersuchten relativ konstant (statistisches Mittel); es kommt vor, daß sich der OKN schon nach Helligkeitsreduktion des Schachbrettmusters von nur 15 WE wieder einstellt; im Patientendurchschnitt ist der Abstand allerdings 29 bzw. 28,3 Widerstandseinheiten (WE) groß.

In der folgenden Tabelle sind die durchschnittlichen kurvenabstände der OKN-hemmungs- und OKN-wiederauslöschungskurven angegeben; Einheit: WE.

Patientengruppe	UH 10	UH 12	
Versuchspersonen			
"Konvexlinsen"	29,57	28,54	
"Konkavlinsen"	26,48	25,82	
Patienten			
HH/GK	30,03	28,89	
Vers.	29,03	28,44	
Ret.	28,48	28,28	Abkürzungen s. S. 64f
Ref.	28,66	27,36	
Dia.	30,29	29,90	
Ambly I.	28,94	28,52	
Glau.	28,56	27,88	
Cat.	28,53	27,31	
Zusammenfassung	29,00	28,31	

b. Abstände der sich entsprechenden Kurven der einzelnen Patientengruppen, Tab. 13 und 14.

Die Tabellen 13 - 15 erlauben einen Vergleich der Ergebnisse. Sie sind unter der Voraussetzung erstellt, daß die Kurvenform bei allen Versuchspersonen- und Patientengruppen gleich ist, daß die Kurven nur gegeneinander parallelverschoben sind.

Zwischen den sich entsprechenden Werten der Tab. 3 - 12 wurden die Differenzen gebildet und über alle Visusbereiche gemittelt, so daß sich eine durchschnittliche Parallelverschiebung der Kurven ergibt. Dabei ist die "Parallelverschiebung" in den oberen Visusbereichen kleiner, in den unteren größer.

In den Tabellen 13 - 15 stehen zwei zusammengehörige Werte übereinander: Der obere berücksichtigt die Visuswerte von 1,2 - 0,033 (mit dem Rodavist-Projektor ermittelt, Prüfabstand: 6 m), der untere schließt die Visuswerte 1/35 und 1/50 mit ein (Auflichtprüftafel; Prüfabstand: 1 m).

Umfeldhelligkeiten: Der rechte obere Teil der Tabellen gibt die Verhältnisse bei UH 10, der linke untere bei UH 12 wieder.

Vorzeichen: Bei UH 10 werden von den in der Spalte stehenden Werten die in der Zeile stehenden subtrahiert: Z.B. ergibt MH/GK - Ret. einen negativen Wert, d.h. die Kurve der Netzhautpatienten liegt im Durchschnitt bei höheren Widerstandswerten (höhere Schachbretthelligkeiten). - Bei UH 12 umgekehrt (Zeile - Spalte), damit sich die Vorzeichen entsprechen.

Tab. 13 und 14 zeigen, daß sich die Parallelverschiebung der Kurven der einzelnen Patientengruppen im Bereich der einfachen Standardabweichung bewegen, d.h. sie wird oft durch individuelle Schwankungen bei den einzelnen Versuchspersonen bzw. Patienten überlagert. Unterschiede zwischen der Versuchspersonengruppe und den ältesten (Glaukom- und Cataract-) Patienten sind am größten.

c. Unterschiede in den Kurvenabständen, Tab. 15

Tab. 15 ist ebenso aufgebaut wie Tab. 13 und 14; sie zeigt, daß die Differenzen zwischen den sich entsprechenden Werten der Tab. 3 - 12, über alle Visusbereiche gemittelt, fast gleich sind.

Tab. 13

Parallelverschiebung zwischen den Kurven der einzelnen Patientengruppen, Erklärung s.S. 112f. OKN-HEMMUNG

	(Tab.3) Vp.	mi/GK	Vers.	Ret.	Ref.	Dia.	Ambly I	Glau.	Cat.	(Tab.12) Pat.
(Tab.3) Vp.		-12,83 -11,04	-7,52 -8,76	-10,49 -12,16	-11,18 -13,14	-11,07 -12,52	-8,95 -10,58	-11,88 -14,15	-12,65 -11,33	-10,31 -12,42
Ah/GK	-9,98 -12,91		+1,74 +3,02	-0,73 +0,60	-1,61 -0,58	-1,67 -0,64	+0,40 +1,45	-3,21 -3,13	-3,65 -2,99	-1,62 -1,40
Vers.	-9,80 -0,44	+1,34 +2,44		-5,69 -3,35	-0,59 -4,53	-5,53 -2,96	-3,38 -0,71	-6,88 -5,21	-7,95 -2,40	-5,48 -1,42
Ret.	-12,69 -16,10	+1,76 -0,90	-3,03 -8,39		-0,69 -0,98	+0,16 +0,39	+3,60 +4,01	-1,39 -1,99	-2,16 +1,01	+0,18 +0,26
Ref.	-13,78 -17,75	-2,79 -2,31	-4,79 -10,19	-1,03 -1,65		+1,06 +1,57	+3,69 +4,08	-0,70 -1,01	-1,47 -1,01	+0,87 +0,72
Dia.	-13,44 -15,09	-2,20 -1,14	-3,64 -6,65	-0,08 -0,26	+1,15 +1,54		+2,34 +2,19	-1,35 -2,25	-2,42 +0,56	+0,06 +0,15
Ambly I	-10,00 -12,50	+1,27 +2,32	-0,21 -2,93	+4,74 +5,04	+4,56 +4,75	+3,11 +3,00		-3,89 -4,71	-5,40 -5,18	-2,96 -3,05
Glau.	-15,00 -18,99	-4,42 -3,84	-5,77 -11,17	-2,31 -2,69	-1,28 -1,24	-2,13 -2,52	-5,65 -5,96		-0,07 +2,82	+1,57 +1,73
Cat.	-14,04 -10,18	-3,00 -2,02	-3,29 -4,10	-1,95 -1,78	-0,93 -0,43	-1,98 -1,81	-5,40 -5,18	+0,36 +0,81	-2,22 +2,22	+2,22 +1,97
(Tab.12) Pat.	-12,42 -10,21	-1,05 -0,87	-3,27 -2,44	+0,27 -0,11	+1,30 +1,54	+0,37 +0,21	-2,96 -3,05	+2,58 +3,78	+4,59 +3,59	

LH 1c: rechte obere Tabellenhälfte
 LH 1d: linke untere Tabellenhälfte

Tab. 14

Parallelverschiebung zwischen den Kurven der einzelnen
Patientengruppen, Erklärung s.S. 112f. OKN-WIEDERAUSLÖSUNG

	(Tab. 3) Vp.	HL/GK Vers.	Ret.	Ref.	Dia.	Ambly I.	Glau.	Cat.	(Tab. 12) Pat.
(Tab. 3) Vp.									
HL/GK	-8,46 -11,41	-6,08 -9,12	-11,03 -12,13	-10,02 -11,72	-10,41 -12,99	-9,05 -10,69	-10,56 -12,36	-11,85 -13,80	-8,88 -10,95
Vers.	-8,21 -8,90	+0,84 +3,38	-3,28 -2,26	-3,43 -3,47	+0,79 +0,02	+0,24 +0,63	-4,25 -4,59	-4,78 -4,11	-2,05 -1,48
Ret.			-3,72 -4,76	-4,43 -6,43	-1,40 -2,66	+0,21 -1,69	-4,27 -6,71	-5,84 -7,13	-2,17 -4,04
Ref.	-11,54 -13,50	-2,36 -1,76	-3,77 -5,27	-0,39 -1,27	+2,23 +2,03	+4,72 +5,77	-0,69 -1,90	-1,83 -2,08	+1,15 +0,77
Dia.	-13,09 -15,58	-3,71 -3,78	-5,71 -7,75	-2,08 -2,08	+2,90 +3,61	+5,25 +5,39	-0,30 -0,63	-1,44 -0,81	+1,53 +2,09
Ambly I.	-12,67	+0,18	-0,55	+1,89	+1,23	+1,93	-2,68	-4,28	-1,06
Glau.	-7,79 -10,23	+1,84 +2,23	+0,04 -1,80	+6,34 +6,59	+4,50 +4,60	+2,21 +2,23	-4,96 -6,01	-6,99 -6,72	-3,47 -3,43
Cat.	-13,63 -16,30	-4,51 -4,70	-5,76 -8,08	-2,09 -2,80	-0,14 -0,72	-4,11 -4,59	-1,41 -6,94	-1,14 -0,18	+1,83 +2,67
(Tab. 12) Pat.	-14,44 -16,15	-4,78 -3,97	-5,97 -7,12	-2,90 -2,65	-1,35 -0,75	-5,00 -4,45	-0,81 +0,05		+2,97 +2,85
UH 10: rechte obere Tabellenhälfte	-11,08	-1,87	-3,24	+0,46	+2,01	-1,59	-3,85	+2,55	+3,36
UH 12: linke untere Tabellenhälfte	-13,10	-1,33	-4,81	+0,61	+2,48	-1,37	-3,63	+3,20	+3,05

Tab. 15

Unterschiede in den Kurvenabständen ("Diff."), s.S. 112f.

	(Tab.3) Vp.	HH/GK	Vers.	Ret.	Ref.	Dia.	Ambly I. Glau.	Cat. (Tab.12) Pat.
(Tab.3) Vp.		-2,15 -2,05	-3,22 -2,97	-0,47 -0,45	-0,77 -0,63	-2,90 -2,39	-2,18 -0,96	-1,21 -0,53
HH/GK	-1,50 -1,51		+0,81 -0,02	+0,57 +0,65	-0,13 +0,68	-0,92 -0,64	+0,07 +0,80	+1,13 +1,71
Vers.	-1,67 -1,51	+0,46 +0,39		+0,39 +0,49	+0,07 +0,30	-1,82 -1,26	-1,04 +0,23	+0,19 +0,59
Ret.	-1,15 -0,09	+0,25 +0,42	+0,05 +0,25		-0,30 -0,18	-2,23 -1,75	-1,27 -0,22	-0,33 -0,05
Ref.	-1,36 -0,17	+0,45 +0,74	+0,67 +1,18	+0,52 +0,72		-2,00 -1,75	-0,04 0,00	-0,03 +0,13
Dia.	-3,66 -2,98	-2,07 -1,31	-2,09 -1,51	-2,19 -1,84	-2,73 -2,59		+0,65 +1,32	+1,44 +1,68
Ambly I.	-2,80 -2,11	-0,55 +0,12	-0,58 +0,34	-1,59 -1,11	+0,06 -0,03	+0,91 +1,27		+1,55 +0,64
Glau.	-1,36 -0,69	+0,09 +0,07	+0,06 +0,70	-0,21 +0,20	-0,73 -0,52	+1,99 +2,07	+0,76 +0,54	+0,41 +0,03
Cat.	-0,31 -0,12	+1,04 +1,28	+0,75 +0,89	+0,84 +0,77	+0,32 +0,05	+2,90 +2,49	+1,89 +1,11	-0,09 -0,44
(Tab.12) Pat.	-1,45 -1,12	+0,09 +0,47	+1,18 +1,27	-0,30 -0,23	-0,82 -0,95	+1,84 +1,57	+0,73 +0,11	-1,14 -1,00
Ch 10:								
Ch 12:								

rechte obere Tabellenhälfte
linke untere Tabellenhälfte

2. Die einzelnen Patientengruppen

a. Augengesunde Versuchspersonen, Tab. 1-3, Abb. 1a,b-3a,b

Die künstlich seh-schärfenherabgesetzten Versuchspersonen erreichen am Gerät nach JHM-v.ROMBERG bessere Visuswerte als die anderen Patientengruppen (Tab. 13 und 14); dabei sind die Unterschiede zwischen den Seh-schärfenherabsetzungen durch Konkav- und Konkav-linsen festzustellen:

Künstliche Myopisierung ergibt Kurven, die - nach niedrigeren Visusbereichen zunehmend - durchschnittlich um 4 widerstandseinheiten (WE) unter denen der Seh-schärfenherabsetzung durch Konkav-linsen liegen, d.h. dunklere Schachbrettleuchdichten sind zur Nystagnushemmung und -wiederauslösung ausreichend. - Mit Konkav-linsen auskorrigierte Personen haben einen Brennpunkt hinter der Netzhaut. Durch Akkommodation können diese Personen den Brennpunkt auf die Netzhaut ziehen und voll sehen, d.h. auch mit Konkavgläsern von -4, -5 und -6 dpt sieht der junge, noch akkommodationsfähige Patient noch voll.

Ein Vergleich mit den Kurven der Refraktionsanomalien zeigt, daß die künstlichen Seh-schärfenherabsetzungen früher reagieren als die Patienten mit Refraktionsanomalien. Erklärungsmöglichkeiten:

- Alter der Patienten (32,4 Jahre) und Versuchspersonen (22-28 J.);
- Prüfungssituation (Vp. konzentrieren sich, um den reibungslosen Ablauf der Untersuchung zu gewährleisten);
- die Anzahl Myoper in der Gruppe der Refraktionsanomalien war relativ gering, in der Versuchspersonengruppe rund 50 %;
- Zweitkrankheiten: Ein Teil der Patienten kam wegen einer anderen Augenkrankheit in die Ambulanz der Universitätsaugenklinik; die Refraktionsanomalie war dabei sekundär.

Der Vergleich mit dem Patientendurchschnitt (Tab. 12, Abb. 12a,b) zeigt eine durchschnittliche Parallelverschiebung um fast zwei (durchschnittliche) Standardabweichungen, während sich die Abweichungen innerhalb der Patientengruppen im Bereich der einfachen Standardabweichungen bewegen. Erklärungsmöglichkeiten:

- Alter, s.o.: Junge Patienten mit relativ hohem Visus erreichen gleiche Seh-schärfenwerte wie die Versuchspersonen. Sie erreichen

bei gleichem Visus wie ältere Patienten bessere OKN-v.ROMBERG-Werte. - Gesunde Patientenaugen, die künstlich sehcharfenerabgesetzt wurden, lieferten nur wenig schlechtere Werte am Gerät nach OKN-v.ROMBERG als die entsprechenden Werte der Versuchspersonen. - Mit dem Alter hängt zusammen die Fähigkeit zur

- Aufmerksamkeitsausrichtung auf die Untersuchung, s.S. 88-89;
- Faktoren, die die Fähigkeit zur Aufmerksamkeitsausrichtung in höherem Alter enthalten, z.B. Beruf;
- Prüfungssituation, s.S. 117.

b. Patienten mit Hornhaut- und Glaskörperveränderungen,
Tab. 4, Abb. 4a,b

Nach Tab. 13 und 14 reagiert diese Patientengruppe durchschnittlich um 1,5 WE früher als der Patientendurchschnitt; die Gruppe hat das geringste Durchschnittsalter, der Anteil junger Patienten ist relativ hoch. - Bei allen Patienten dieser Gruppe konnte OKN ausgelöst werden, Kopfschiefhaltungen kamen bei Glaskörperblutungen vor.

c. Patienten mit verschiedenen Augenkrankheiten,
Tab. 5, Abb. 5a,b

Auch in dieser Gruppe ist der Anteil junger Patienten hoch; Unterschiede ergeben sich (außer zur Versuchspersonengruppe) nach Tab. 13 und 14 besonders zu Gruppen mit hohem Durchschnittsalter (Glaukom- und Cataractpatienten). Gegenüber dem Patientendurchschnitt (Tab. 12) reagiert diese Gruppe um durchschnittlich 3 WE früher.

d. Patienten mit Erkrankungen der Netzhaut,
Tab. 6, Abb. 6a,b

Sie liegen durchschnittlich um 0,5 WE unter dem Patientendurchschnitt, entsprechen also praktisch dem Patientenmittelwert.

Bei peripheren Gesichtsfeldeinschränkungen (Retinitis pigmentosa) war je nach Größe des Ausfalls kein OKN auszulösen: Bei einem Patienten mit normaler zentraler Sehschärfe aber einer nur kleinen erhaltenen peripheren Insel war keine Bestimmung möglich, der OKN ließ sich nicht auslösen. Bei zwei weiteren Retinitis pigmentosa-Patienten (Gesichtsfeld: Fehlendes temporales Areal bzw. "fast-" Ringskotom) ließ sich die Sehschärfebestimmung auf der Grundlage des optokinetischen Nystagmus durchführen.

Alle anderen Ergebnisse in dieser Patientengruppe entsprachen den Erwartungen: Die untersuchten peripheren Retinadegenerationen (z.B. Chorioretinitis juxtapapillaris JENKIN), Netzhautablösungen und -risse (Untersuchung vor allem nach OP), Gefäßverschlüsse (z.B. Verschuß einer cilioretinalen Arterie) sowie der Hauptteil der Gruppe, nämlich juvenile und senile Maculadegenerationen, lieferten ihrem Visus entsprechende OHM-v.ROMBERG-Werte.

e. Patienten mit Refraktionsanomalien,

Tab. 7, Abb. 7a,b

Die Sonderstellung Myoper wurde auf S. 116 und 122 erwähnt ("Schachbrettphänomen"). - Die Patienten aller Gruppen wurden mit und ohne Korrektur geprüft; die erhaltenen Ergebnisse zeigten bei Testung s.c. und c.c. bei gleichem Visus keine Unterschiede.

Es wurde erwähnt, daß in hohen Visusbereichen die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen weniger groß sind als in niedrigeren Visusbereichen. - Von verschiedenen Autoren wird gefordert, myope und Patienten mit anderen Refraktionsanomalien nur mit Vollkorrektur zu prüfen: Man erreicht, daß der "Myopiefehler" geringer wird, dadurch nämlich, daß in höheren Visusbereichen mit geringeren Standardabweichungen getestet wird.

f. Patienten mit Diabetes mellitus, Tab. 8, Abb. 8a,b

Alle Patienten lieferten die erwarteten Werte; Tab. 15 zeigt, daß bei dieser Patientengruppe ein relativ großer Abstand zwischen den Kurven der OKN-Hemmung und der OKN-wiederauslösung besteht.

Durch optokinetische Reizung können Unwohlsein und Übelkeit hervorgerufen werden, besonders schnell bzw. stark bei vegetativ labilen Personen wie Diabetikern. - Bei zwei juvenilen Diabetikerinnen traten nach einigen Minuten optokinetischer Reizung - obwohl Pausen eingelegt wurden - vegetative Reaktionen auf: Erhebliche Schweißausbrüche am ganzen Körper, die auch nach längerer Pause sofort wieder auftraten. Die Untersuchung fand um 12 Uhr statt, Essenszeit: 13 Uhr. - Daraus ergibt sich die Frage, ob durch optokinetische Reizung eine bestehende

Hypoglykämie verstärkt bzw. ausgelöst werden kann, wenn die Untersuchten vegetativ labil sind.

g. Patienten mit Amblyopie und Zweitkrankheit,
Tab. 9, Abb. 9a,b

Bei den Patienten dieser Gruppe ist früher eine Amblyopie (monocular) diagnostiziert worden; sie sind wegen einer in- zwischen aufgetretenen Krankheit desselben Auges in Behandlung. Vergleich zu den "reinen" Amblyopien, s.u.

Die erhaltenen Visuswerte entsprachen den subjektiv gemessenen, d.h. die aufgrund der "Zweitkrankheit" zu erwartenden WE-Werte wurden bestätigt, die "Amblyopie" hatte keinen Einfluß auf das Ergebnis.

h. Patienten mit Glaukom, Tab. 10, Abb. 10a,b

Die Untersuchung ließ sich bei allen Patienten durchführen, d.h. die Gesichtsfeldausfälle waren in einer Größenordnung, die einen OKN noch ermöglichte. Es traten keine Besonderheiten auf.

Die Glaukompatienten, die die zweitälteste Gruppe stellten, reagierten gegenüber dem Patientendurchschnitt um 2 - 2,5 WE später (Tab. 13 und 14) mit OKN-hemmung bzw. OKN-wiederauslösung.

i. Patienten mit Cataract, Tab. 11, Abb. 11a,b

Diese Gruppe ist mit einem Durchschnittsalter von fast 63 Jahren am ältesten; ihre WE-werte sind gegenüber dem Patientendurchschnitt um rund 3 WE nach höheren Werten verschoben.

Der OKN ließ sich in allen Fällen (Ausnahme: Cataracta matura mit einem Visus kleiner als "Handbewegungen in 1 m Entfernung") auslösen und zur Untersuchung verwenden.

j. Patientenzusammenfassung, Tab. 12, Abb. 12a,b

Tab. 12 faßt die Visuswerte und Standardabweichungen aus den Tab. 4 - 11 zusammen: Es sind die Mittelwerte sich entsprechender Visuswerte und Standardabweichungen aus den

einzelnen Tabellen angegeben; es wird damit quantitativ bewiesen, daß

1. die Sehschärfenbestimmung in den hohen Visusbereichen relativ gut in den einzelnen Gruppen übereinstimmt, während in den unteren Visusbereichen erhebliche Streuungen auftreten,
2. die Sehschärfenbestimmungen in unteren Visusbereichen ungenauer ist.

Vom Patientendurchschnitt weichen vor allem die Versuchspersonen ab; die Parallelverschiebung der Patientenkurven untereinander bewegt sich im Rahmen der einfachen Standardabweichung (s.u.).

V. BEACHTENSWERTES

Man sollte bei jeder objektiven Sehschärfenbestimmung auf der Grundlage des optokinetischen Nystagmus folgende Punkte beachten:

1. Überraschungseffekt: Fähigkeit des Prüfers, die Untersuchung als relativ unwichtig hinzustellen, keine Verbindung zur Sehschärfe herzustellen.
2. Bei Spontannystagmus ist keine Sehschärfenbestimmung auf der Grundlage des OKN möglich, ebenso bei weitgehenden Gesichtsfelddefekten, s.S. 45 und 117.
3. Pathologische Nystagmusformen, s.S. 35.
4. Bei Kindern ist zwar keine Simulation zu erwarten, aber die Sehschärfenbestimmung wird u.U. durch Aufmerksamkeitschwankungen erschwert; Kinder erreichen oft zu niedrige Visuswerte, so daß man die Untersuchung evtl. wiederholen muß. - Für die objektive Sehschärfenbestimmung sollten die Kinder Schulalter haben, u.U. können sie auch schon im Alter von 5 Jahren untersucht werden (s.u.); die Untersuchung eines Dreijährigen brachte trotz gut auslösbarer Nystagmus keine verwertbaren Ergebnisse.
5. Patienten mit Schielschwachsichtigkeit (s.u.) erreichen in den meisten Fällen (fast) normale Visuswerte; in Kombination

mit z.B. Refraktionsanomalien werden diese angezeigt, die Amblyopie am OHM-v.ROMBERG'schen Gerät nicht; bei Amblyopen gibt es nach MIS (63; S.122) kein Schachbrettphänomen!

6. Patienten mit hysterischer Amaurose zeigen keinen OKN. UNGER (98) beschreibt das Verhalten des OKN bei psychogenen Sehstörungen: Nach Bereinigung der zur hysterischen Blindheit führenden Konfliktsituation ist der OKN - im beschriebenen Fall - wieder auslösbar. UNGER zieht eine Parallele zur lichtstarren Pupillenerweiterung bei hysterischer Amaurose. - Auch bei einem zweiten Fall, der infolge angeblicher Blindheit keinen OKN aufwies, wurde eine neurotische Verarbeitung eines psychischen Traumas zur Diskussion gestellt, zur Differentialdiagnose wurde alkoholischer Rauschzustand herangezogen (vgl. S. 32 und 72).
7. Bei der optokinetischen Reizung können optisch-psychische Phänomene auftreten:

- a. optische Zirkularvektion

ist die Empfindung der Eigendrehung während optokinetischer Reizung in Gegenrichtung zur Bewegungsrichtung des Reizfeldes bei fixiertem Körper und Kopf. Dabei kann sich die Empfindung der Eigenrotation mit der der Drehung der Umgebung bei eigenem Stillstand abwechseln: Ambivalenz der Empfindungen. - Aus dieser Situation kann sehr schnell Übelkeit entstehen, was entsprechende Pausen erforderlich macht.

BRANDT und DICHGANS (10): "Die subjektive Nachdauer der Circularvektion (CV) ... hält ... (nach einer Reizdauer von 5 sec) ... tendenziell länger an als nach einer Reizzeit von 30 sec." Individuell unterschiedlicher Verlauf von Geschwindigkeit und Intensität der Scheinbewegungsempfindung wurde bei den Versuchspersonen festgestellt.

- b. optisch induzierte Pseudocorioliseffekte

(BRANDT und DICHGANS, 10) gleichen subjektiv sehr den vestibulären Corioliseffekten. "Diese Pseudocorioliseffekte und die Dämpfung vestibulärer Corioliseffekte durch visuelle Bewegungskontrolle können den optokinetischen Reiz (auch)

bei einer Reizzeit von 5 sec) bis zu 30 sec überdauern."

BRANDT und DICHGANS (10) erklären die optokinetischen Nacheffekte als "Ausdruck einer gemeinsamen Erregungskonstellation in der Formatio reticularis und den Vestibulariskernen", die Nachdauer dieser Effekte durch unterschiedliche Schwellen der "subjektiven Phänomene des Nystagmus".

8. Schachbrettphänomen (GÜNTHER, GÜNTHER, NOTEBOOM und PLÖTZ, 27; MIS, 63): Myope lösen das Schachbrettmuster besser auf als andere Patienten; ihre objektiv bestimmten Sehschärfenwerte liegen relativ über den subjektiv bestimmten. - Nach GÜNTHER sollen Refraktionsanomalien nur auskorrigiert untersucht werden. - Bei Schielschwachsichtigkeit kommt das Schachbrettphänomen nicht vor (MIS).
9. Für Simulanten ergibt sich bei der Sehschärfenbestimmung auf der Grundlage des OKN eine Reihe von Täuschungsmöglichkeiten:
 - a. Patienten fixieren nicht die Mitte, sondern den Rand des Testfeldes (was allerdings bei der Methode nach OHM-v.ROMBERG kaum möglich ist);
 - b. Patienten akkommodieren auf einen vor dem Schirm vorgestellten Punkt (gedachte Fliege);
 - c. Patienten "starrt unaufmerksam vor sich hin, stellt also sein Auge etwa auf eine Akkommodationsruhelage ein." (SACHSENTEGER, 84).
 - d. Patienten fixieren Unregelmäßigkeiten des Testschirms;
 - e. Patienten behaupten, das Testfeld nicht zu sehen und machen unregelmäßige, ausfahrende Augenbewegungen;
 - f. Patienten beeinflussen den optokinetischen Nystagmus willkürlich (was allerdings einige Übung voraussetzt), s.B. 38f.

VI. STANDARDABWEICHUNGEN

Die empirische Standardabweichung ist die positive Quadratwurzel aus der empirischen Varianz (KOLLEGIUM BIOMATHEMATIK, 34):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad \begin{array}{l} s = \text{Standardabweichung,} \\ n = \text{Anzahl der Meßwerte,} \\ x_i = \text{einzelner Meßwert,} \\ \bar{x} = \text{Mittelwert.} \end{array}$$

Daten, die das Modell der Normalverteilung gut erfüllen, können hinreichend durch die Angabe von drei Parametern beschrieben werden: 1. Normalverteilung liegt vor, 2. Mittelwert = ..., 3. Standardabweichung =- Normalverteilung wird in allen Fällen vorausgesetzt, Mittelwerte und Standardabweichungen sind angegeben.

1. "Individuelle" Standardabweichung

Bei Versuchspersonen und Patienten wurden jeweils Drei- bzw. Vierfachbestimmungen durchgeführt und der Mittelwert gebildet; zusätzlich wurde die entsprechende Standardabweichung berechnet, sie ist ein Maß für die Schwankung der Meßwerte bei aufeinanderfolgenden OKN-hemmungs- bzw. OKNwiederauslösungsbestimmungen an der gleichen Person und unter gleichen Bedingungen. Diese "individuelle" Standardabweichung ist umso größer, je mehr die Einzelwerte um den Mittelwert streuen.

WEIGELIN, HEINRICH, LEONARDI und NIEBEL (195) fordern mindestens 5 Einzelbestimmungen. Entsprechende Versuche und Versuche mit Achtfachbestimmungen erbrachten kein besseres Ergebnis als mit Drei- bzw. Vierfachbestimmungen erhalten werden kann; in Daueruntersuchungen ermüden Patienten schneller und liefern somit ungenauere Werte.

Die individuelle Standardabweichung stellt ein Gütekriterium für die Untersuchung dar: Reliabilität. Reliabel (zuverlässig) ist eine Variable dann, wenn die ermittelten Meßwerte in verschiedenen Untersuchungen möglichst gleich bleiben.

In der folgenden Tabelle sind die Werte aus den "Vorversuchen" (s.o.) nicht berücksichtigt:

Durchschnittliche Standardabweichungen der Einzelbestimmungen, aufgeschlüsselt nach Umfeldhelligkeiten und OKN-hemmung bzw. OKN-wiederauslösung:

Personengruppe	UH 10	UH 12	OKN-hemmung	OKN-wiederauslösung	$\bar{s}$
augen-	x		x		0,98
gesunde	x			x	1,06
Versuchs-		x	x		0,99
personen		x		x	1,01
	x		x		0,93
	x			x	1,36
Patienten		x	x		0,81
		x		x	1,32

Sowohl bei den augengesunden Versuchspersonen wie auch - ausgeprägter - bei den Patienten zeigt sich, daß die Reproduzierbarkeit der Einzelwerte bei Nystagmushemmung erheblich größer ist als bei Nystagmuswiederauslösung. Bei den Patienten verhalten sich die Werte der Standardabweichungen von OKN-hemmung zu OKN-wiederauslösung wie 1 : 1,5. - Die Umfeldhelligkeiten haben auf die Größe der individuellen Standardabweichungen praktisch keinen Einfluß.

2. "Interindividuelle" Standardabweichung

Die bei den einzelnen Patienten ermittelten Mittelwerte werden in den entsprechenden Visusgruppen wiederum gemittelt und mit dem subjektiven Visus korreliert; die entsprechenden Standardabweichungen wurden berechnet. Sie sind ein Maß für interindividuell auftretende Schwankungen.

Die interindividuellen Standardabweichungen sind erheblich größer als die individuellen; sie sind in den Tabellen und graphischen Darstellungen angegeben. - Ein Vergleich der Standardabweichungen zeigt dasselbe Bild wie bei der individuellen Standardabweichung: Die Werte der Standardabweichungen bei OKN-hemmung sind wiederum kleiner als die bei OKN-wiederauslösung. - Auch hier gibt es praktisch keinen Unterschied zwischen den Umfeldhelligkeiten.

Durchschnittliche Standardabweichung der Mittelwerte (inter-individuelle Standardabweichung), aufgeschlüsselt nach Umfeld-helligkeiten und OKN-hemmung bzw. OKN-wiederauslösung:

Personengruppe	Uh 10	Uh 12	OKN-hemmung	OKN-wieder-auslösung	$\bar{s}$
augen-	x		x		4,78
gesunde	x			x	5,38
Versuchs-		x	x		4,71
personen		x		x	5,55
	x		x		5,10
	x			x	7,20
Patienten		x	x		5,48
		x		x	7,11

Es wurde quantitativ bewiesen, daß OKN-hemmung unter den beschriebenen Versuchsbedingungen zur Sehschärfenbestimmung besser geeignet ist als die OKN-wiederauslösung, sowohl was die Reproduzierbarkeit des Wertes der Einzelbestimmung als auch was die Übereinstimmung zwischen verschiedenen Personen anbetrifft.

Die OKN-wiederauslösung ist als Ergänzungsbestimmung nützlich: Sie gibt die Tendenz zu größeren oder kleineren Visuswerten, die mit der OKN-hemmung ermittelt wurden, an.

VII. AMBLYOPE PATIENTEN

Die untersuchten Personen kamen aus der Sehschule (15), der Ambulanz (3) und von den Stationen der Universitätsaugenklinik Düsseldorf.

Vor und nach Möglichkeit nach den Untersuchungen am ORM-v.ROMBERG'schen Gerät wurde die Sehschärfe subjektiv geprüft, S.S. 62.

Die Untersuchungsergebnisse sind in der folgenden Tabelle angegeben:

Ifd. Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)		Rechtes		Linkes	
				Visus ohne Korrektur	Visus mit Korrektur	Visus ohne Korrektur	Visus mit Korrektur
1	m	11	Abducensparese RA Abweichung des RA nach innen, V-Syndrom. RA kann nicht über die Mittellinie abduziert werden.	Visus (subjektiv) 0,6	1,0	Sehschärfe (objektiv; Pat.) 0,7	1,0
				0,6	1,0	Sehschärfe (objektiv; Vp.) 0,5	0,9
						0,5	0,8
2	m	40	(Ambulanz-Patient) RA: "Relative Amblyopie"	Visus (subjektiv) 0,5	0,8	0,5	1,2
				Sehschärfe (objektiv; Pat.) 0,8	1,0	0,7	1,0
				0,6	1,1	0,6	1,2
				Sehschärfe (objektiv; Vp.) 0,7	0,9	0,6	0,9
				0,5	0,9	0,4	1,0
3	m	12	Exophorie; Diplopie in der Abweich- phase RA +2,5 sph.-0,5cyl/ A 5° Korr. LA +0,75sph.-0,5cyl/ A 0°	Visus (subjektiv) 0,5	0,8	1,0	1,2
				Sehschärfe (objektiv; Pat.) 0,8	0,8	1,0	1,0
				0,8	0,8	1,0	1,0
				Sehschärfe (objektiv; Vp.) 0,7	0,7	1,0	1,0
				0,6	0,6	1,0	1,0
4	w	10	(Ambulanz-Patientin) Mikrostrabismus " Korr. LA 1,0cyl./A 115° LA plan	Visus (subjektiv) 0,5	0,6-0,8	1,0	1,0
				Sehschärfe (objektiv; Pat.) 0,8	0,8	1,0	1,0
				0,8	0,8	1,0	1,0
				Sehschärfe (objektiv; Vp.) 0,7	0,7	0,9	0,8
				0,7	0,7	1,0	0,7

Ifd. Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Rechtes Auge		Linkes Auge	
			Visus ohne Korrektur	Visus mit Korrektur	Visus ohne Korrektur	Visus mit Korrektur
5	m	10	Strab. conv. monolat. RA		Visus (subjektiv)	
				0,8		>1,0
			Manif. conv. Winkel mit		Sehschärfe (objektiv; Pat.)	
			Linksführung; RA kann Fix.		>1,0 >1,0 >1,0 >1,0	
			aufnehmen, aber nicht hal-		1,0 1,0 1,0 1,0	
			ten; leichte -VD für F./N.			
			Fix.: bds. zentral		Sehschärfe (objektiv; Vp.)	
			(1972: RA: Int.-Rücklage		1,0 1,0 1,0 1,0	
			4,0mm; LA: Int.-Rücklage		0,8 0,8 0,8 0,8	
			3,5mm)		Visus (subjektiv), Nachttest	
			RA +5,0sph.		1,0 1,0	
			korr. LA -1,5cyl./A 0°			
			RA +5,0sph.			
			-1,75cyl./A 0°			
			(Endstellungsnystagmus)			
6	w	5	Strab. surso-add. RA		Visus (subjektiv)	
			V-Syndrom		0,6 1,0	
			Fix.: bds. unruhig		Sehschärfe (objektiv; Pat.)	
			RA -1,0cyl./A 20°		1,1 1,1	
			korr. LA -0,5cyl./A 170°		>1,0 >1,0	
					Sehschärfe (objektiv; Vp.)	
					<1,0 <1,0	
					0,8 0,8	
7	m	6	Strab. conv. monolat. LA		Visus (subjektiv)	
			Coverttest: Manif. conv.		1,0 0,7	
			Einstellbewegung; LA kann		Sehschärfe (objektiv; Pat.)	
			Fix. kurz halten		1,1 1,1 1,1 <1,1	
			Schielwinkel für Nahe +17°,		1,1 1,2 <1,2 1,1	
			manif. conv., für Ferne		Sehschärfe (objektiv; Vp.)	
			+12°, schwankt ztw.		1,1 1,1 <1,1 1,0	
			zwischen div. und conv.		1,0 1,1 1,1 >0,9	
			Fix.: bds. unruhig zentral			
			RA +4,25 sph.			
			korr. LA +4,25 sph.			

Ild. Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)		Rechtes Auge	Rechtes mit Korrektur	Linkes Auge	Linkes mit Korrektur
				Visus ohne Korrektur	Visus mit Korrektur	Visus ohne Korrektur	Visus mit Korrektur
8	w	6	Strab. surso-add. RA	Visus (subjektiv)			
			Manif. conv. Einstellbe- wegung mit Linksführung für F./N.; RA kann Fix. halten	0,5	0,6	1,0	1,0
				Sehschärfe (objektiv; Pat.)			
				1,1	1,1	<1,2	<1,2
				>1,0	<1,2	>1,0	>1,0
			Fix.: In Adduktion etwas besser				
			RA nz. oberhalb temporal, LA nystagmiform zentral	Sehschärfe (objektiv; Vp.)			
				>1,0	>1,0	>1,0	>1,0
			Korr. RA +2,25 sph. LA plan	<0,9	1,0	0,9	0,9
9	m	9	Strab. conv. monolat. RA	Visus (subjektiv)			
			Manif. conv. Einstellbe- wegung mit strenger Links- führung für F./N.; RA kann Fix. nicht halten	0,3	0,4	1,0	1,0
				Sehschärfe (objektiv; Pat.)			
				1,2	1,2	1,2	1,2
				1,2	1,2	1,2	1,1
			Fix.: RA foveolar, LA zentral	Sehschärfe (objektiv; Vp.)			
				1,2	1,2	1,2	1,1
				1,1	1,1	1,1	1,1
			Nach -Ausgleich bei 45 pdpt. Diplopie, bei 40 pdpt. keine Diplopie	Visus (subjektiv), Nachtest			
				0,4	0,4		
10	m	15	Strab. conv. monolat. LA	Visus (subjektiv)			
			Manif. conv. Winkel, strenge Rechtsführung, LA kann Fix. kurz halten; Winkel schwankt zwischen +8° und +14° bei Fix. RA	1,2		0,4	
				Sehschärfe (objektiv; Pat.)			
				>1,2		1,2	
				>1,2		>1,1	
				Sehschärfe (objektiv; Vp.)			
				1,2		<1,2	
			Nach -Ausgleich keine Diplopie	1,2		1,2	
11	m	40	(Ambulanz-Patient)	Visus (subjektiv)			
			RA: Amblyopie	0,3	0,5	HEW	0,15
			LA: Aphakie, sek.-Glaukom Maculardisclision	Sehschärfe (objektiv; Pat.)			
				>1,1	1,1	0,033	0,2
				<1,2	<1,1	0,033	0,2
			RA +12,5sph./ -2,0cyl./ A 135°	Sehschärfe (objektiv; Vp.)			
			Korr. LA plan	1,1	1,1	0,033	0,1
				>1,0	<1,0	1/35	0,07

Ifd. Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)		Rechtes Auge		Linkes Auge	
				Visus ohne Korrektur	Visus mit Korrektur	Visus ohne Korrektur	Visus mit Korrektur
12	w	15	Strab. surso-add. LA mit Nystagmus latens	Visus (subjektiv) 1,0	1,2	0,3	0,5-0,6
			Manif. conv. Einstellbe- wegung mit strenger Rechts- führung für F./N.; LA kann Fix. nicht halten; Höher- stand des LA, -VD; LA V- Syndrom	Sehschärfe (objektiv; Pat.) 1,2 1,2 1,2 1,2	1,2	1,2	1,2
			Fix.: RA zentral, LA nystagmiform im zentralen Bereich	Sehschärfe (objektiv; Vp.) 1,2 1,2 1,1 1,1	1,2	1,2	1,1
13	m	15	Strab. div. monolat. RA Konvergenz: RA weicht ab; Manif. div. Winkel mit strenger Linksführung, RA kann Fix. nicht halten	Visus (subjektiv) 0,2 0,2	0,6	1,0	
			Fix.: RA perifoveolar LA zentral	Sehschärfe (objektiv; Pat.) <1,2 <1,2	<1,2	<1,2	
			RA +4,25sph. Korr. LA +3,5 sph. -1,5cyl./A 0° -1,5cyl./A 0°	Sehschärfe (objektiv; Vp.) >1,0 >1,0	>1,0	>1,0	
14	m	6	Strab. conv. monolat LA Manif. conv. Winkel mit strenger Rechtsführung, LA kann Fix kurz auf- nehmen, aber nicht halten; ztw. Parallelstand	Visus (subjektiv) 1,0 1,0	0,2	0,25	
				Sehschärfe (objektiv; Pat.) 1,2 1,2	<1,2	1,2	
				Sehschärfe (objektiv; Vp.) 1,0 1,0	<1,1	1,1	
15	w	5	Strab. div. monolat. LA Manif. div. Einstellbe- wegung mit strenger Links- führung	Visus (subjektiv) 0,2	1,0		
			Fix.: RA pm - pf temporal oberhalb LA zentral	Sehschärfe (objektiv; Pat.) >1,1 >1,0	>1,0	>1,0	
				Sehschärfe (objektiv; Vp.) 1,0 1,0	0,9	0,9	

- 131 -

Idd. Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)		Rechtes Auge		Linkes Auge	
				Visus ohne Korrektur	Visus mit Korrektur	Visus ohne Korrektur	Visus mit Korrektur
15			Korr. RA +5,5sph. + 1,0cyl./A 45° LA +4,5sph.				
16	w	26	(Ambulanz-Patientin) Strab. conv. monolat. LA LA in Conv.-stellung, ca. 12°; Rechtsführung RA plan LA +2,0 sph.	Visus (subjektiv) >1,0 Sehschärfe (objektiv; Pat.) <1,2 1,2 Sehschärfe (objektiv; Vp.) >1,1 1,1 Visus (subjektiv), Nachtest 0,1		<0,07 0,1 1,1 1,2 1,1 1,0 1,1 0,15	
17	m	27	Strab. conv. monolat. LA Manif. conv. Winkel mit strenger Rechtsführung; LA kann Fix. nicht halten Fix.: RA zentral, LA Papille - nasal der Papille Kopfschiefhaltung, Diplopie	Visus (subjektiv) 1,0 Sehschärfe (objektiv; Pat.) >1,2 >1,2 Sehschärfe (objektiv; Vp.) 1,2 1,2 0,6 <1,0	1,2 1,2 1,1 1,2	0,02 0,8 0,6 0,7 0,6	
18	w	5	Strab. conv. surso-add. RA und LA Manif. conv. Einstellbewegung mit strenger Linksführung, RA kann Fix. nicht halten Fix.: RA nz - pf nasal LA unruhig zentral RA +5,0 sph. LA +5,0 sph.	Visus (subjektiv) 0,2 Sehschärfe (objektiv; Pat.) <1,0 0,9 Sehschärfe (objektiv; Vp.) <0,8 0,6	0,4 0,4 1,1 1,1 1,0 0,8	0,4 0,7 1,0 1,1 1,0 0,8	

Ifd. Nummer	Geschlecht	Alter (Jahre)	Rechtes Auge		Linkes Auge	
			Visus ohne Korrektur	Visus mit Korrektur	Visus ohne Korrektur	Visus mit Korrektur
19	m	5	Strab. conv. conc. alt.		Visus (subjektiv)	
				0,4		0,6
			Div.-Winkel schwankt sehr;		Sehschärfe (objektiv; Pat.)	
			Nähe: Manif. conv mit +VD		1,1	1,1
			Linksführung, kann gut		1,1	1,1
			alternieren		1,1	1,1
			Fix.: bds. zentral		Sehschärfe (objektiv; Vp.)	
			(14,5.76 RA int.-Rücklage		1,0	1,0
			2 mm und Perimysium 6 mm)		0,9	0,9
			Epicanthus			
			Korr. RA +5,0 sph.			
			LA +5,0 sph.			
20	m	11	Strab. conv. surso-add.		Visus (subjektiv)	
			RA und LA		0,6	0,4
			Manif. conv. Winkel mit		Sehschärfe (objektiv; Pat.)	
			strenger Rechtsführung,		>1,0	1,0
			LA nimmt Fix. schwer auf,		1,0	<1,0
			kann sich zu Licht ztw.		Sehschärfe (objektiv; Vp.)	
			parallel halten		<1,0	<1,0
			fix.: bds. nystagmiform		0,8	0,9
			im zentralen Bereich			
			(Nahvisus monocular:			
			mit Lupe Nieden 2)			

Abkürzungen:

Sehschärfe (objektiv; Pat.) = objektiv am Gerät nach OIM-v.ROMBERG gemessene Sehschärfe; Umrechnung am Patientendurchschnitt (Tab. 12, Abb. 12a,b).

Sehschärfe (objektiv; Vp.) = objektiv am Gerät nach OIM-v.ROMBERG gemessene Sehschärfe; Umrechnung am Versuchspersonendurchschnitt (Tab. 3, Abb. 3a,b.).

Bei Patient Nr. 1 entspricht der subjektive dem am OHM-v.ROMBERG'schen Gerät gemessenen objektiven Sehschärfenwert, bei allen anderen Patienten (Pat. 2: Alter !) ergeben sich (fast) normale Sehschärfenwerte; Nach Umrechnung sind die Visuswerte beider Augen gleich, unterscheiden sich aber am Gerät nach OHM-v.ROMBERG um 1 - 2, höchstens 3 WE; diese Differenz ist zu klein, um bei der Umrechnung berücksichtigt zu werden.

Bei den Patienten 3, 4, 9, 11, 12, 16 zeigt sich, daß die Brillenkorrektur des amblyopen Auges nur subjektiv einen Einfluß auf die Sehschärfe hat, die mit dem OKN bestimmte Sehschärfe ist s.c. und c.c. praktisch gleich. Bei den Patienten 2, 3, 8, 14, 17, 18 zeigt sich, daß die Refraktionsanomalien angezeigt werden, bei Patient 11 wird die Aphakie des nicht-amblyopen Auges angezeigt, das amblyope Auge hat normale objektive Sehschärfenwerte (Simulant ?).

Zur Umrechnung der Sehschärfenwerte an den Kurven der Versuchspersonen- (Abb. 3a,b) und der Patientenzusammenfassung (Tab. 12, Abb. 12a,b), O-R (Pat.) und O-R (Vp.): O-R (Vp.) wurde gewählt, um den Altersfaktor auszugleichen; das Durchschnittsalter der untersuchten Amblyopen lag bei $14,25 \pm 11,72$ Jahren, ohne die Ambulanz-Patienten bei $10,18 \pm 5,69$ Jahren. Dabei muß man allerdings den "Myopiefehler" (Schachbrettphänomen) berücksichtigen: Amblyope haben nach MIS kein Schachbrettphänomen. Nach O-R (Vp.) sollten Jugendliche beurteilt werden; nach O-R (Pat.) alle anderen Patienten (auch Kinder unter 10 Jahren, da sie leicht zu spät auf das einblendete Schachbrett reagieren und so zu schlechte Werte erreichen).

Bei den Untersuchungen wurden "Vorversuche" entsprechend denen bei den Versuchspersonen und Patienten gemacht; sie dauerten durchschnittlich etwas länger. Bei Patientin 17 wurden zunächst am linken Auge die subjektiven Visuswerte bestätigt (!), bei der Untersuchung des rechten Auges verbesserte sich die Sehschärfe. Nachtestung ergab auch am linken Auge die angegebenen (besseren) Visuswerte. - Folgerung: Nach einer gewissen Zeit optokinetischer Reizung verbessern amblyope Augen ihre auf Grund des OKN bestimmten Sehschärfenwerte, in den vorliegenden Untersuchungen zu 95% (s. Pat. 1).

Nach der Untersuchung am OHM-v.ROMBERG'schen Gerät wurde der Visus nach Möglichkeit noch einmal subjektiv geprüft: In fast allen Fällen ergab sich eine leichte Sehschärfenverbesserung, die allerdings nicht lange anhielt (Patientin 16: "Es wird beim Hinsehen wieder schlechter."). - Diese Sehschärfenverbesserung wurde nicht gezielt angestrebt: Es wurde nicht kontinuierlich unter optimalen Bedingungen (Reizfeldgeschwindigkeit usw.) gereizt (vgl. OSTERLOH, S.134), sondern Pausen gemacht; die Patienten unterlagen keinen bestimmten Auswahlkriterien (z.B. bezüglich des Alters).

Die Standardabweichungen der Einzelbestimmungen (individuelle Standardabweichungen) lagen bei den amblyopen Patienten bei:

UH 10	UH 12	OKN-hemmung	OKN-wieder-auslösung	$\bar{s}$
x		x		0,75
x			x	1,24
	x	x		0,65
	x		x	1,13

BANGERTER unterscheidet folgende Fixationsmöglichkeiten amblyoper Augen:

1. Amblyopien ohne Fixation,
2. Amblyopien mit exzentrischer Fixation: periphere, paramaculare und foveale Fixation,
3. Amblyopien mit zentraler Fixation.

Die Funktionsminderung des amblyopen Auges läßt sich perimetrisch als Zentralskotom nachweisen - je größer der zentrale Ausfall ist, desto weiter müßte die Fixationsstelle in der Peripherie liegen; der Visus müßte entsprechend absinken. Für die Lage und Aufrechterhaltung der exzentrischen Fixation - auch monocular - ist nach CUFFERS, BÖRME und EVANS die Verlagerung des Raumwertes "geradeaus" auf eine exzentrische Netzhautstelle von Bedeutung.

Neben arrhythmischen Bewegungen, die als Verstärkung der normalerweise vorhandenen Fixationsrucke beschrieben werden, treten bei amblyopen Augen vor allem Nystagmuszuckungen auf.

MACKENSEN (54) fand folgende Fixationsarten bei amblyopen Augen:

1. Ruhige Fixation,
 2. Fixationsunruhe durch hin- und hergerichtete Ruckbewegungen (ungerichtete Fixation),
 3. Nystagmuskuckungen (Fixationsnystagmus und Nystagmus latens).
- In den vorliegenden Untersuchungen wurden natürlich nur Personen aus den Gruppen 1 und 2 getestet. - Fixationsort und (subjektive) Sehschärfe stimmen im allgemeinen überein, eine Übereinstimmung zwischen Grad der Fixationsunruhe und Sehschärfe gibt es nicht.

FALKOWSKA (21) erreichte eine Verringerung des Schielwinkels (subjektiver) "mit vorübergehender Fusion der Synoptophorbilder im objektiven Schielwinkel" in kurzer Zeit, Dauererfolg nach 6-monatiger Behandlung auch mit anderen Methoden in ca. 30%. - Zwei Nystagmustrummeln mit parallelen Streifen wurden nacheinander in entgegengesetzter Richtung gedreht; sie sind durch einen Schirm getrennt, so daß jedes Auge nur eine Trommel sah; Untersuchungsabstand: 30 cm.

STANGLER (92) beschreibt Beobachtungen bei Amblyopiebehandlung mit bewegten Lichtstreifen: Retinale Bildwanderung eines bewegten Lichtstreifens ist sensorisch und motorisch wirksam. In exzentrisch fixierenden Augen löst die einen optokinetischen Pendelnystagmus aus, der "seinerseits die Okulomotorik auf die Netzhautmitte ausrichtet und so eine Verlagerung der Hauptsehrichtung gegen das Zentrum begünstigt." Die Wahrnehmung eines negativen Euthyskopnachbildes (s.S. 29) ist als Ausdruck einer Stimulation der Netzhaut durch wandernde Lichtstreifen verlängert. "Die sensorische Wirkung setzt die motorische voraus. Bei Kindern 5 - 15 min an." - Amblyope ohne wirkungsvolle Streifenbeeinflussung werden als prognostisch ungünstig bewertet.

OSTERLICH (74) fand bei 10 amblyopen Patienten (s.S. 30): "Eine Patientin zeigte keine Reaktion ..." (auf gezielte optomotorische Reizung, um Änderungen des Fernvisus zu erreichen). "Bei den übrigen 9 ... fanden wir nach den Versuchen einmal einen gering verminderten, einmal einen unveränderten und 7mal einen leicht bis v.T. stark gebesserten Visus; die Fixation

dagegen war 2mal unverändert und 7mal z.T. stark gebessert. Während der Versuche zeigten alle 9 Patienten eine meist stärkere Besserung von Visus und Fixation."

VIEFELD und KUHNHARDT (102) stellten fest, daß amblyope Augen am OHM-v.ROMBERG'schen Gerät im Vergleich zu gesunden Augen nur geringe Diskrepanzen aufweisen, also (fast) gleich reagieren. Sie machen für diese Diskrepanzen u.a. "veränderte Eigenschaften des optokinetischen Nystagmus" verantwortlich, die auch von DODEN und MACKENSEN beschrieben wurden.

OPPEL und JORDE (73) untersuchten die Sehschärfe in verschiedenen Gesichtsfeldbereichen bei Amblyopen mit exzentrischer Fixation unter besonderer Berücksichtigung des Gesichtsfeldzentrums: Sie bestätigten die Präponderanz-Hypothese, nach der auch exzentrisch fixierende schielamblyope Augen nach Ausschluß des Führungsauges in Abhängigkeit von den Untersuchungsbedingungen mit demjenigen Netzhautareal fixieren, dem noch eine relativ präponderierende Funktion, hinsichtlich des Auflösungsvermögens verblieben ist.

ERWEITERUNG DER METHODE NACH OHM-v.ROMBERG DURCH ELEKTRONYSTAGMOGRAPHIE

Die direkte Beobachtung der Augenbewegungen des Patienten wurde durch Elektronystagmographie ersetzt; die Augenbewegungen wurden auf dem Registriergerät verfolgt.

Zur Aufzeichnung des horizontal-OKN wurde ein "Cardirex 3T" (Fa. SIEMENS) benutzt; Verstärkung: 1 mV, Papiervorschubsgeschwindigkeit: 10 mm/sec (für Nystagmogramme üblich; geringere Geschwindigkeit zur reinen Beobachtung möglich).

MACKENSEN (49) gibt als günstigsten Ableitungsort den temporalen Lidwinkel an. "Für Blickbewegungen um 30° liegen die in bitemporaler Ableitung an diesen Stellen gemessenen Werte zwischen 0,5 und 1,5 mV mit einem Häufigkeitsmaximum um 0,98 mV." - Dementsprechend wurden zur getrennten Aufzeichnung

des OKN beider Augen Elektroden am rechten und linken Lidwinkel beider Augen angebracht. Die Elektroden waren an einem Plastikkopfband befestigt und wurden mit Andruckklammern an die Lidwinkel gedrückt (damit entfällt das Ankleben); die Nullelektrode wurde an der Wange befestigt.

Vorteile dieser Methode liegen in

1. Ausschalten einfacher Beobachtungsfehler (z.B. durch Lichtreflexe auf der Hornhaut).
2. Patienten mit schmaler Lidspalte (bes. Ptosis) können ohne Schwierigkeiten untersucht werden.
3. Protokollierung und Beleg für die Untersuchungen (Gutachten, Simulanten).
4. weiteren Möglichkeiten der Versuchsanordnung:
 - a. Erfassung weiterer optomotorischer Phänomene (z.B. Nachnystagmus bei Augenschluß),
 - b. Quantitative Auswertung von ENG's,
 - c. Erkennen und quantitative Auswertung von pathologischen Nystagmusformen.

Nachteile liegen in

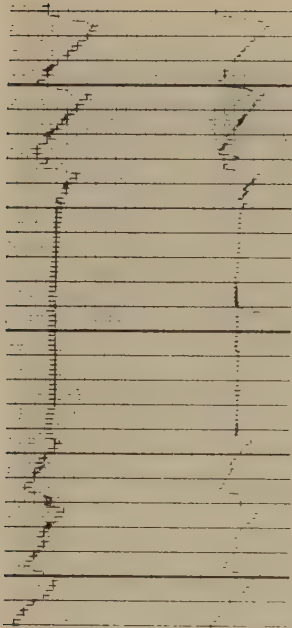
1. Anschaffungs- und Unterhaltungskosten,
 2. Apparatfehlern,
 3. höherer Zeitaufwand für das Anbringen der Elektroden usw.
- Punkt 3 wurde durch die andrückbaren Elektroden umgangen, Apparatfehler fallen sehr viel weniger ins Gewicht als Beobachtungsfehler.

Insgesamt überwiegen die Vorteile dieser Erweiterung der OHM-v. RÖMDEK'schen Methode: Die Untersuchung ist auch für den nicht eingearbeiteten Untersucher unproblematisch, es wird ein Protokoll der Untersuchung geliefert, die Möglichkeit zu weitergehenden Untersuchungen besteht.

Abb. 13

- a. Augengesunde Versuchsperson, LA occludiert.
- b. Augengesunde Versuchsperson, beidseitige optokinetische Reizung.

OKN-Hemmung und OKN-wiederauslösung durch Erscheinen bzw. Verschwinden des Schachbrettmusters.



a

Abb. 13

b

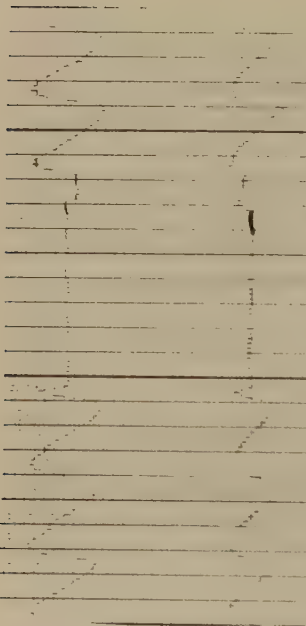
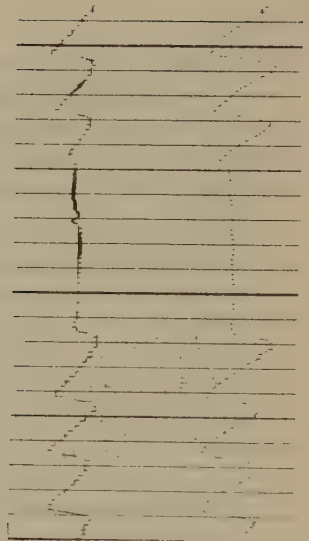
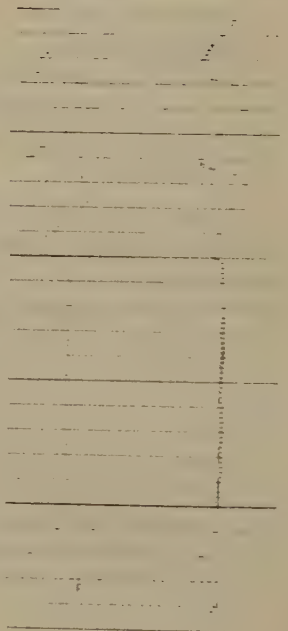


Abb. 14
a. beidseitige
optokinetische Reiz-
ung, links
b. rechtsseitige
optokinetische Reiz-
ung eines amblyopen
Auges, rechts

14 a und b nach
vorhergehender
optokinetischer
Reizung !



NEUE SEHSCHÄRFENBESTIMMUNG

Gerät: Wie das beschriebene Gerät nach OHM-v.ROMBERG mit folgenden Bestandteilen:

1. Rundhorizont nach v.ROMBERG,
2. Drehtrommel mit stufenloser Helligkeitsregelung der Glühlampe (über einen Widerstand mit sog. WE).

Vorteil: Der Projektor wird gespart.

Prinzip:

Induktion eines OKN durch heller werdendes Reizmuster; Beginn des OKN als Maß für die Sehschärfe. Es wird das Minimum visibile gemessen, das bei der Methode nach OHM-v.ROMBERG eine hohe Korrelation zum Minimum separabile hat ($r = 0,95$).

Untersuchungsgang:

1. Dunkeladaptation.
2. Steigerung der Reizmusterhelligkeit bis zu einem Wert bei dem der OKN induziert wird - dieser Wert ist auf einer bestimmten Widerstandseinheitenskala ein Maß für die Sehschärfe.

Um die Beobachtung zu ermöglichen, muß der Raum entweder diffus beleuchtet werden, das einzelne Auge beleuchtet werden oder es muß im dunklen Raum ein Elektronystagmogramm mit gleichzeitiger Aufzeichnung der Reizfeldhelligkeit abgeleitet werden.

Vorteile der Apparatur liegen darin, daß nicht nur der Projektor gespart wird, sondern der induzierte OKN sehr schwer (von Simulanten) zu unterdrücken ist. - Die Fragen nach der Größe der Standardabweichungen sowie nach der Korrelation zwischen OKN-induktion und Sehschärfe sind offen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Grundlagen der subjektiven Sehschärfenbestimmung des Nyctagmus und die verschiedenen Methoden der objektiven Sehschärfeprüfung werden besprochen.

Die Sehschärfe von 230 Patienten wird subjektiv mit projizierten Zahlenoptotypen und objektiv am Gerät nach OKN-v. KOMBURG bestimmt, die Werte korreliert und die Ergebnisse in Tabellen- und Kurvenform dargestellt. Unterteilung in Patientengruppen:

1. Augengesunde Versuchspersonen, deren Sehschärfe durch Konvex- und Konkavlin sen herabgesetzt wurde: In niedrigeren Visusbereichen werden bessere Sehschärfenwerte als bei anderen Patientengruppen erreicht. Künstliche Myopisierung ergibt bessere Werte als Sehschärfenherabsetzung durch Konkavlin sen: Akkommodationseffekt, "Schachbrettphänomen" GÜNTHERs. - 30 Augen.
2. Patienten mit Hornhaut- und Glaskörperveränderungen haben das geringste Durchschnittsalter und reagieren bei dunklerem (rund 1,5 WE) Schachbrettmuster mit OKN-Hemmung bzw. OKN-wiederauslösung als der Patientendurchschnitt. - 42 Augen.
3. Patienten mit verschiedenen Augenkrankheiten reagieren um rund 3 WE früher als der Patientendurchschnitt. Relativ großer Anteil junger Leute. - 32 Augen.
4. Patienten mit Netzhautveränderungen reagieren bei Zentral-skotomen (z.B. Maculadegenerationen) und bei peripheren Gesichtsfeldeinschränkungen wie der Patientendurchschnitt, sofern der periphere Gesichtsfeldausfall ein zentrales Gesichtsfeld von über 10° (I/4 Marke am GOLDMANN-Perimeter) übrigläßt: Retinitis pigmentosa-Patient (flintenförmiges Gesichtsfeld mit kleiner erhaltener peripherer Insel) konnte nicht untersucht werden. - 107 Augen.
5. Patienten mit Refraktionsanomalien weisen im Falle der Myopie eine Sonderstellung auf: Besonders in niedrigen Visusbereichen werden zu gute Sehschärfenwerte erreicht. Ähnliches gilt für Anisometropien. - 33 Augen.
6. Patienten mit Diabetes mellitus reagieren erwartungsgemäß: subjektiv und objektiv gemessene Sehschärfe stimmt überein. Prototyp vegetativ labiler Patienten: In zwei Fällen wurden nach opto-kinetischer Reizung erhebliche langdauernde Schweißausbrüche hervorgerufen, die u.U. einen Abbruch der Untersuchung bedingen. - 46 Augen.
7. Amblyope Patienten, zu deren Amblyopie eine Zweitkrankheit ge-

kommen ist, liefern die erwarteten, ihrer Zweitkrankheit entsprechenden Werte, die Amblyopie spielt keine Rolle mehr. - 10 Augen.

8. Glaukom-Patienten, deren Gesichtsfeldausfälle zwischen vergrößertem blinden Fleck und BERNHUM-Skotom mit nasalem Sprung lagen, stellten die Gruppe mit zweithöchstem Durchschnittsalter. Alle Bestimmungen waren durchführbar; gegenüber dem Patientendurchschnitt reagierte diese Gruppe um 2 - 2,5 WE später (bei hellerem Schachbrettmuster) mit OKN-hemmung bzw. OKN-wiederauslösung. - 79 Augen.

9. Patienten mit (vorwiegend seniler) Cataract reagieren als "älteste" Gruppe um durchschnittlich 3 WE später als der Patientendurchschnitt. OKN-auslösung bis zu einem Visus von "Handbewegungen in 1 m Entfernung". - 116 Augen.

Untersuchung von 20 amblyopen Patienten ergab: Bis auf einen Fall (Abducensparese) reagierten alle amblyope Augen (ein- und beiseitige Amblyopie) - z.T. nach längerer optokinetischer Reizung - fast wie das andere, gesunde Auge. Der Visus war gleich, am Gerät nach OHM-v.ROMBERG ergab sich ein Unterschied von 2 bis höchstens 3 WE. Bei Amblyopien mit Refraktionsanomalien wurde die Refraktionsanomalie angezeigt. - 23 amblyope Augen.

Kurvenabstände: OKN-hemmungs- und OKN-wiederauslöschungskurven haben einen durchschnittlichen Abstand voneinander von 29 WE. Die Abstände zwischen den sich entsprechenden Kurven der einzelnen Patientengruppen unterscheiden sich in niedrigeren Visusbereichen mehr als in höheren. Tab. 13, 14.

Kurvenform: die objektive Schachschärfe (in Widerstandseinheiten) gegen die subjektiv bestimmte aufgetragen ergibt bis zu einem Visus von ca. 0,1 eine Gerade, danach "asymptotische" Annäherung an die Abszisse.

Umfeldhelligkeiten: Erhöhte Umfeldhelligkeiten bewirken eine Parallelverschiebung der OKN-hemmungs- und OKN-wiederauslöschungskurven zu höheren WE-Werten (Schachbretthelligkeiten). - Entsprechend wirken in einem gewissen Bereich Reizgeschwindigkeitserhöhungen.

Qualität des optokinetischen Nystagmus (OKN): In hohen Visusbereichen regelmäßig mit großer Amplitude und Frequenz; in niedrigen Visusbereichen zunehmend unregelmäßiger und weniger gut reproduzierbar, individuell schwankend.

Als methodische Verbesserung wurde Elektronystagmographie eingeführt: Elektronystagmographische Registrierung ersetzt die Beobachtung der Augenbewegungen. Wichtigste Vorteile: Untersuchung ist auch für nicht eingearbeitete Untersucher problemlos, Protokoll, Ermöglichung weitergehender Untersuchungen (z.B. quantitative Nystagmusauswertung).

Das Prinzip einer neuen Methode der objektiven Scharfsehbildbestimmung auf der Grundlage des optokinetischen Nystagmus wird angegeben: Induktion des OKN durch langsam heller werdendes Reizmuster, das entsprechend den oben beschriebenen Untersuchungen bewegt wird. Das Reizmuster- ("Umfeld" in den beschriebenen Untersuchungen) Helligkeit, die gerade den OKN induziert, ist das Maß der objektiven Scharfsehbildbestimmung. Die Messung des minimum visibile, das bei der Methode nach OHM-v.ROMBERG einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,95$ zum Minimum separabile hat.

Die bei diesen klinischen Normierungen angegebenen Standardabweichungen beziehen sich auf die Skala der Widerstandseinheiten (WE-Skala), nicht auf die Beleuchtungsstärken; es wird damit nicht die Reizspezifikation beurteilt, es besteht keine Translationsinvarianz bezüglich der Beleuchtungsstärken. Die Normierung an der WE-Skala wird für die klinischen Befunde lange als vorteilhafter erachtet.

LITERATURVERZEICHNIS

1. ANTONIADIS, A. Der optokinetische Nystagmus - ein Mittel zur objektiven Sehschärfenbestimmung.
Diss. Med. Fak. Düsseldorf 1970
2. ARGIN, W. Über den optomotorischen (Eisenbahn-) Nystagmus und seine Anwendung in der Neurologie
Ref. in: Zbl.Ges.Ophth. 19 (1928) 862 - 863
3. AULHORN, E. Über die Beziehung zwischen Lichtsinn und Sehschärfe
Graefes Arch.Ophth. 167 (1964) 4 - 74
4. AUST, W. Der Nachbildablauf bei Schielamblyopen am OHM-ROMBERG'schen Gerät
Graefes Arch.Ophth. 170 (1966) 175 - 200
5. BARTELS, M. Nystagmus. Übersicht über die Jahre 1928 - 33
Zbl.Ges.Ophth. 31 (1934) 206 - 221
6. v.BENDA, H. Verfahren zur Sehschärfenbestimmung. Vergleichsuntersuchungen über Brauchbarkeit und Zuverlässigkeit
Bücherei des Augenarztes, 58.Heft 1971, F. Enke Verlag, Stuttgart
7. BOENNINGHAUS, H.G. Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1974², S. 23-30, 51-61
8. BOUMAN, M.A. A modification of Goldman's apparatus for the objective determination of visual acuity
TEN DOESSCHATE, J. Ophthalmologica 122 (1951) 368 - 374
DU MARCHIE
SARVAAS, G.J.
9. BRACKUP, A.H. A simple test for monocular malignering
Am.J.Ophth., Ser. 3, 56 (1963) 659 - 661
10. BRANDT, Th., Circularvektion, optische Pseudocorioliseffekte und optokinetischer Nachnystagmus
DICEGANS, J. Graefes Arch.Ophth. 184 (1972) 42 - 57
11. BURKARD, H.D. Untersuchungen von Sehschärfeherabsetzungen verschiedener Genese bei Änderung des Kontrastes und der Umfeldleuchtdichte
Diss. Fachbereich Klin. med. Tübingen 1971
12. COMBERG, D. Zur Prüfung der Sehfunktion bei kleinen Kindern
Ref. in: Klin.Mbl.Augenhk. 156 (1970) 267
13. CORDS, R. Quantitatives zum optomotorischen Nystagmus
Ber.Dtsch.Ophth.Ges. 46 (1927) 172
14. DAVIS, D.G., Periodic altering nystagmus
SMITH, J.C. Am.Arch.Ophth. 72 (19) 757 - 762
15. DELAY, J., Medizinische Psychologie
TICLOT, P. G. Thieme Verlag, Stuttgart 1971², S. 230-245
16. DODEN, W. Stellungsanomalien und Motilitätsstörungen
Lehrbuch und Atlas der Augenheilkunde, Hrsg. n.Pau, G.Fischer Verlag, Stuttgart 1973¹¹, 87-181
17. gers. Nystagmus, Nystagmographie
Die ophthalmologischen Untersuchungsmethoden, Hrsg. w.Straub, F.Enke Verlag, Stuttgart 1976, 161-272

18. DODEN, W.,
MEYER, E.,
RITTER, G. Inversion des optokinetischen Nystagmus bei
Gesunden
Klin.Mbl.Augenhk. 142 (1963) 118 - 128
19. ENOKSSON, P. Optokinetic nystagmus
Ophthalmologica 169 (1974) 176 - 183
20. ERBAKAN, S. Electronystagmography and electrooculography
Ophthalmologica 162 (1974) 99 - 110
21. FALKOWSKA, S. The use of optokinetic nystagmus in the treat-
ment of abnormal correspondence
Zbl.Ges.Ophth. 94 (1965) 131
22. GEYER, O.-Ch. Kritische Auswertung unserer Erfahrungen mit
dem Gerät zur objektiven Sehschärfenbestimmung
nach v.Romberg
Klin.Mbl.Augenhk. 134 (1959) 205 - 212
23. GOLDMANN, H. Bemerkungen über objektive Sehschärfenbestimmung
Klin.Mbl.Augenhk. 117 (1950) 570 - 573
24. GRÜTTNER, R. Experimentelle Untersuchungen über den opto-
kinetischen Nystagmus
Z.Sinnesphysiol. 68 (1939) 1
25. GÜNTHER, G. Objektive Sehschärfenbestimmung. Klinische und
experimentelle Studien und Erfahrungen b.d.
objektiven Sehschärfenbestimmung auf d. Grundlage
des optokinetischen Nystagmus
G.Marholds Verlagsbuchhandlung, Berlin 1950
(Sammlung zwangloser Abhandlungen a.d. Gebiete
d. Augenhk., H. 1)
26. GÜNTHER, G.,
GÜNTHER, J.C. Objektive Sehschärfenbestimmung
Klin. Mbl.Augenhk. 149 (1966) 131
27. GÜNTHER, G.,
NOTEBOOM, E.,
PLOTZ, Ch. Ein weiterer Beitrag zur objektiven Sehschärfen-
bestimmung
Graefes Arch.Ophth. 159 (1957) 180 - 190
28. HOFFMANN, F.B. Die Lehre vom Raumsinn des Auges
Springer Verlag, Berlin 1950
29. HONRUBIA, V.,
KATZ, R.D.,
STRELLOFF, D.,
WARD, F.H. I.Computer analysis of induced vestibular nystag-
mus. Rotatory stimulation of normal cats. II.
Computer analysis of optokinetic nystagmus in
normal and pathological cats. III. Modifications
in the optokinetic nystagmus resulting from mono-
ocular stimulation and lateral tilting in normal
and pathological cats.
The Annals of Otology, Rhinology and Laryngology;
Suppl. No.3, Vol. LXXX, Dec. 1971
30. HORNE, E.P.
HINES, D.A. Changes in visual acuity in repeated measurement
Zbl.Ges.Ophth. 102 (1969) 293
31. HUGGER, H. Beitrag zur objektiven Sehschärfenbestimmung
nach dem Ohmschen Prinzip
Klin.Mbl.Augenhk. 116 (1950) 651
32. JAEGER, W.,
HONEGGER, H. Untersuchungen über die Sehschärfe bewegter
Objekte
Graefes Arch. Ophth. 166 (1963/64) 583 - 600

33. KESTENBAUM, A. Zur Klinik des optokinetischen Nystagmus
Graefes Arch.Ophth. 124 (1930) 339
34. BRUNNER, E., OBERHOFFER, G., Biomathematik für Mediziner
HEINECKE, A., REISCH, A., Hrsrg. "Kollegium Biomathe-
HULTSCH, E., REPGES, R., matik", Springer Verlag
KLINGER, H., SCHÜTT, A., Berlin-Heidelberg-New York,
NIENHAUS, R., WEIDTMAN, V., 1975; HTB 164
NOWAK, H., WINGERT, F.
35. KOMMERELL, G., Optokinetische Reizung und exzentrisches Nachbild
MACKENSEN, G. Klin.Mbl.Augenhk. 151 (1967) 702 - 709
36. KOMMERELL, G., Der optokinetische Kurzreiznystagmus
THIELE, H. Graefes Arch.Ophth. 179 (1970) 220 - 234
37. KORNER, F., Die Geschwindigkeitsperzeption beim Bewegungssehen
Ber.Dtsch.Ophth.Ges. 62 (1969) 569 - 574
38. KORNER, F., Visuelle Aufmerksamkeit und Bewegungssehen
DICHGANS, J. Graefes Arch.Ophth. 174 (1968) 32 - 48
39. KOTOWSKI, H. Neues Gerät zur objektiven Bestimmung der Seh-
schärfe. Klin.Mbl.Augenhk. 149 (1966) 397 - 401
40. KRÜGER, K.E. Angaben über die Sehschärfe und die Methode ihrer
Ermittlung bei Säuglingen und Kleinkindern vom Pu-
pillenspiel bis zum optokinetischen Nystagmus
Klin. Mbl.Augenhk. 156 (1970) 267
41. LARMANDE, A. Der Begriff der Schwelle - hat er einen Wert im
Studium des optokinetischen Nystagmus ?
Zbl.Ges.Ophth. u.Grenzgeb. 106 (1.3.72)
42. LAUX, U., Der sogenannte willkürliche Nystagmus
KREY, H. Klin.Mbl.Augenhk. 165 (1974) 936 - 940
43. LEHNERT, W., Dokumentation des optokinetischen Nystagmus mittels
ELEKTRONYSTAGMOGRAPHIE bei der objektiven Seh-
schärfenbestimmung
Graefes Arch.Ophth. 166 (1963) 254 - 259
44. LEHNERT, W., Elektronystagmographische Untersuchungen zur
LANG, Seitenungleichheit des optokinetischen Nystagmus
Graefes Arch.Ophth. 170 (1966) 137 - 146
45. LEWINSKI, H. Beitrag zur objektiven Sehschärfenbestimmung
Graefes Arch.Ophth. 158 (1957) 578 - 597
46. LEWKONIA, I. Objective assessment of visual acuity by induction
of optokinetic nystagmus
Br.J.Ophth. 53 (1969) 113 - 116
47. LINCOFF, H.A., Differentialdiagnosis of hysteria and malignering
ENNIS, J. Am.J.Ophth. 42 (1956) 415 - 421
48. LÜSCHER, A.J. Beitrag zur objektiven Sehschärfenbestimmung
Ophthalmologica 129 (1955) 116 - 128
49. MACKENSEN, G. Zur Technik der Elektronystagmographie
Klin Mbl.Augenhk. 121 (1952) 599 - 602
50. ders. Untersuchungen zur Physiologie des optokinetischen
Nystagmus. Über Möglichkeiten einer willkürlichen
Beeinflussung des Nystagmus
Klin.Mbl.Augenhk. 123 (1953) 133 - 143

51. ders. Untersuchungen zur Physiologie des optokinetischen Nystagmus. Individuell bedingte quantitative Unterschiede im Ablauf des optokinetischen Nystagmus. Graefes Arch.Ophth. 155 (1954) 284 - 313
52. ders. Untersuchungen zur Physiologie des optokinetischen Nystagmus. Änderung der Zuckungsform in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Reizmusters. Graefes Arch.Ophth. 156 (1955) 535 - 546
53. ders. Zur Theorie des optokinetischen Nystagmus Klin.Mbl.Augenhk. 132 (1958) 769 - 780
54. ders. Das Fixationsverhalten amblyopischer Augen (Elektrooculographische Untersuchungen) Graefes Arch.Ophth. 159 (1957) 200 - 211
55. ders. Die Geschwindigkeit horizontaler Blickbewegungen. Untersuchungen mit Hilfe der Elektrooculographie. Graefes Arch.Ophth. 160 (1958) 47 - 64
56. ders. Untersuchungen der Motilität und der Binocularfunktion. - Die ophthalmologischen Untersuchungsmethoden; Hrsg: W.Straub, F.Enke Verlag, Stuttgart 1976, 1 - 160
57. MACKENSEN, G. Untersuchungen zur Physiologie des optokinetischen Nachnystagmus. Beitrag zur Entstehung des optokinetischen Nachnystagmus Graefes Arch.Ophth. 165 (1962) 60 - 70
58. MACKENSEN, G. Die Geschwindigkeit der raschen Phase des optokinetischen Nystagmus SCHUMACHER, J. kinetischen Nystagmus Graefes Arch.Ophth. 162 (1960) 400 - 415
59. MACKENSEN, G. Untersuchungen zur Physiologie des optokinetischen Nystagmus. Das Verhalten des optokinetischen Nystagmus bei langer Reizdauer UBER Graefes Arch.Ophth. 161 (1960) 559
60. MACKENSEN, G. Untersuchungen zur Physiologie des optokinetischen Nystagmus. Die Abhängigkeit des optokinetischen Nachnystagmus von der Drehrichtung und der Winkelgeschwindigkeit des Reizmusters WIEGMANN, O. Graefes Arch.Ophth. 160 (1959) 497 - 509
61. MAUTNER, W. Versuch einer objektiven Sehschärfenbestimmung mit filmischen Mitteln Klin.Mbl.Augenhk. 159 (1971) 715
62. MILLODOT, M. Evaluation of an objective acuity device MILLER, D. Arch.Ophthal. 90 (1973) 449 - 452
63. MIS, M. Zur Frage des optokinetischen und des Pendelnystagmus und deren Bedeutung für die klinische Untersuchung JERNIGAN, M.E. Klin.Mbl.Augenhk. 140 (1962) 377 - 383
64. MONJÉ, M. Über die Sehschärfe bei verschiedenen Entfernungen der Prüfzeichen vom Auge ALBERT, J.P. Ber.Dtsch.Ophth.Ges. 70 (1970) 291 - 293
65. NICOLAI, H. Objektive Sehschärfenbestimmung auf der Grundlage des optokinetischen Nystagmus mit eigenem Gerät Klin.Mbl.Augenhk. 122 (1953) 402 - 416

66. NICOLAI, H. weitere Erfahrungen auf dem Gebiet der objektiven Sehschärfenbestimmung mit optokinetischem Nystagmus. Klin.Mbl.Augenhk. 124 (1954) 81 - 86
67. v. NOORDEN, G.K., Pursuit movements of normal and amblyopic eyes: an electroophthalmologic study. I. Physiology of pursuit movements
MACKENSEN, G. Am.J.Ophth. 53 (1962) 325
68. dies. Pursuit movements of normal and amblyopic eyes: II. Pursuit movements in amblyopic patients
Am.J.Ophth. 53 (1962) 477
69. OHM, J. Ist der optische Drehnystagmus von einem unbewegten Auge auslösbar?
Klin.Mbl.Augenhk. 77 (1926) 330 - 336
70. ders. Zur Tätigkeit des Augenmuskelsenders. I. Band: berufliches Augenziern
Selbstverlag des Verfassers, Bottrop, 1928
71. ders. über die Anwendung bewegter Spiegelmarken in Verbindung mit dem optokinetischen Nystagmus zwecks objektiver Sehschärfenbestimmung
Klin.Mbl.Augenhk. 120 (1952) 144 - 150
72. ders. Die elementaren Grundlagen des optokinetischen Nystagmus
Graefes Arch.Ophth. 158 (1957) 485 - 494
73. OPPEL, O., über Untersuchungen der Sehschärfe in verschiedenen Gesichtsfeldbereichen bei Amblyopien mit exzentrischer Fixation unter besonderer Berücksichtigung des Gesichtsfeldzentrums
JORDE, W. Graefes Arch.Ophth. 167 (1964) 415 - 440
74. OSTERLOF, J. Beeinflussung von Fixation und Fernvisus amblyoper Augen durch optomotorische Reize
Diss. Fachbereich Med. Hamburg 1972
75. PRIACE, J.H. A new test for monocular malignering
Am.J.Ophth., Ser.3, 42 (1956) 776 - 777
76. REHKY, H. Die optische Wahrnehmungsbahn
Lehrbuch und Atlas der Augenheilkunde, Hrsg.
H.Pau, G.Fischer Verlag, Stuttgart 1973¹¹, 500-546
77. KIEBEN, H. Die Spiegelraumbewegung, eine neue Untersuchungsmethode auf der Grundlage eines psycho-optischen Reflexes
Graefes Arch.Ophth. 145 (1943) 432 - 453
78. LOCHLES, K.H. über ein Gerät zur objektiven Sehschärfenbestimmung.
Klin.Mbl.Augenhk. 116 (1950) 31 - 34
79. SCHLÖSS, G.O., Betrachtungen und Untersuchungen über den opto-
VAN DER LIND, J... kinetischen Nystagmus
Klin.Mbl.Augenhk. 102 (1964) 551
80. ROHMACHER, H. Einführung in die Psychologie
Urban und Schwarzenbeck; Wien, München, Berlin 1971¹², 531 - 544
81. SACHTENBERGER, H. Funktionsprüfung und Funktionsstörungen
Lehrbuch und Atlas der Augenheilkunde, Hrsg.
H.Pau, G.Fischer Verlag, Stuttgart 1973¹¹, 33-86
82. ders. Objektive Sehschärfenbestimmung mit einem Projektionsgerät. Ophthalmologica (Bas.) 133 (1957) 418

83. SACHSENWEGER, R. Objektive Sehschärfenbestimmung mit Hilfe des rotatorischen optokinetischen Nystagmus
Klin.Mbl.Augenhk. 144 (1964) 314
84. ders. Simulations- und Aggravationsproben, objektive Sehschärfenbestimmung
Die ophthalmologischen Untersuchungsmethoden, Hrsg W.Straub, F.Enke Verlag, Stuttgart 1976, 527-561
85. SCALA, N.P., SPIEGEL, E. Passive optokinetic nystagmus in lesions of the mind brain and of the vestibular nuclei
Confinia neuro (Basel) 2 (1940) 53 - 73
86. SCHMIDT, D. Congenitaler Schaukel-Nystagmus (Seesaw Nystagmus) Ein Fall mit erhaltenen Gesichtsfeldern, vertikale Blickparese und Kopftremor
Graefes Arch.Ophth. 191 (1974) 265 - 272
87. SCHMIDT, D., KOMMERELL, G. Schaukel-Nystagmus (Seesaw Nystagmus) mit bi-temporaler Hemianopsie als Folge von Schädel-hirntraumen
Graefes Arch.Ophth. 178 (1969) 349 - 366
88. SCHÖBER, H. Prüfung der Sehfunktion
Die ophthalmologischen Untersuchungsmethoden, Hrsg W.Straub, F.Enke Verlag, Stuttgart 1976, 273-327
89. SCHREIBELMEYER, P. Über den quantitativen Zusammenhang variabler Sehwinkel und der Größe des optokinetischen Horizontalnystagmus, bestimmt an der Beschleunigungsamplitude der schnellen Phase des Nystagmus
Diss. Med. Fachbereiche Berlin 1972
90. SHIBINSKAY, N.L. Our further observations on the objective determination of the acuity of eyesight. (Unsere weiteren Beobachtungen zur objektiven Sehschärfenbestimmung); Oftal.Z. 14 (1959) 20-24 (Russisch).
Ref. in: Zbl.Ges.Ophth. 77 (1959) 280
91. SIEBECK, R. Ophthalmologische Optik
Lehrbuch und Atlas der Augenheilkunde, Hrsg. H.Pau, G.Fischer Verlag, Stuttgart 1973¹¹, 1 - 32
92. STANGLER, E. Beobachtung bei Amblyopiebehandlung mit bewegten Lichtstreifen.
Klin.Mbl.Augenhk. 158 (1971) 67 - 71
93. STEINBUCH, P.D., SCHNEIDER, C. Nystagmus retractorius - Zeichen cerebraler Mangel durchblutung
Klin.Mbl.Augenhk. 163 (1973) 80 - 82
94. TAUMER, R., BUHRMANN, U. Eine neue Methode der quantitativen Auswertung des optokinetischen Nystagmus
Graefes Arch.Ophth. 188 (1973) 289 - 297
95. TER BRAAK, J.W.C. Untersuchungen über den optokinetischen Nystagmus
Arch.need.Physiol. 21 (1936) 309
96. TRENDELENBURG, W. Der Gesichtssinn
Springer Verlag, Berlin 1943
97. TSUKAMOTO, K. A study concerning the nature of the optokinetic afternystagmus.
Zbl.Ges.Ophth. 90 (1963) 296
98. UNGER, L. Das Verhalten des optokinetischen Nystagmus bei psychogenen Sehstörungen
Klin.Mbl.Augenhk. 127 (1955) 411 - 416

99. VELZEBOER, C.M.J. Bilateral cortical hemianopsia and optokinetic nystagmus
Ophthalmologica (Basel) 123 (1952) 187
100. VIASOVSAIJ, I.A. A device for objective determining visual acuity
Zbl.Ges.Ophth. 88 (1963) 14
101. VIEFHUES, T.K. Über das Fixieren eines fovealen Nachbildes
Graefes Arch. Ophth. 160 (1958) 161 - 163
102. VIEFHUES, T.K., Die objektive Prüfung der Sehschärfe bei Schiel-amblyopie
KÜHNHARDT, G.
Graefes Arch.Ophth. 160 (1958) 263 - 266
103. VOIPPIO, H. The objective measurement of visual acuity by arresting optokinetic nystagmus without change in illumination
Acta Ophth. (K'hvn), Suppl. 66, 7 - 70,
Kopenhagen, 1961
104. WAGNER, H.N. Objective Testing of vision with use of galvanic skin response
Arch.Ophth. (Chicago) 43 (1950) 529 - 536
105. WEIGELIN, E., Die Beziehung zwischen subjektiv bestimmter Sehschärfe und dem Ausfall der objektiven Prüfung am Gerät nach Ohm-v.Romberg
HEINRICHS, H.,
LEONARDI, F.,
NIESEL, F.
106. WIECK, H.H., Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie
VALENTIN, H.,
SPECHT, J.G.
F.K.Schattauer Verlag, Stuttgart-New York (UTB 291)
107. WINTER, E. Die Beeinflussung des optokinetischen Nystagmus durch Neuroleptica
Diss. Med. Fachbereiche Berlin 1973
108. WOLLIN, L.R., Objective measurement of visual acuity
DILLMANN, A.
klin.Wbl.Augenhk. 150 (1967) 294
109. YAMANAKA, S. Study of objective measurement of form visual acuity by the assistance of optokinetic nystagmus
Zbl.Ges.Ophth.u.Grenzgeb. 80 (1960) 98
110. ZEEP, A.R. Kinetische Nystagmushemmung bei der objektiven Sehschärfebestimmung
klin.Wbl.Augenhk. 159 (1971) 714.

Herrn Professor Dr. . . . danke ich für die Übertragung
des Themas und für seine Beratung bei Planung und Ausführung
der Untersuchungen.

Herrn Professor Dr. H. P a u danke ich für die Übertragung
des Themas und für seine Beratung bei Planung und Ausführung
der Untersuchungen.

LEBENS LAUF

Ich, Ulrich Weber, wurde am 20.9.1953 in Braunschweig geboren und besuchte hier die Grundschule. - Nach vier Jahren wechsel auf das Martino-Katharineum, wo ich 1972 das Abitur mit Befreiung von der mündlichen Prüfung bestand.

Im Sommersemester 1973 Aufnahme des Medizinstudiums an der Universität Düsseldorf; nach vier Semestern bestand ich das Physikum und nach weiteren zwei Semestern den ersten Teil des Staatsexamens.

Ich versichere hiermit eidesstattlich, daß die vorliegende Arbeit von mir ohne unerlaubte Hilfe verfasst wurde.

